А.М.КУПРИН

Слово о карте

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА ШКОЛЬНИКА

А.М. КУПРИН

Слово о карте

МОСКВА «НЕДРА» 1987

ББК 26.1
К 92
УДК 528.9(023.11)

А. М. Куприн

Рецензент: *Б. Н. Нейман* (Главное управление геодезии и картографии при СМ СССР)

Куприн А. М.
К 92 Слово о карте. — М.: Недра, 1987. — 143 с., ил.— (Научно-популярная библиотека школьника)
25 к.

Освещены вопросы создания и использования географических карт. Книга знакомит читателя с историей картографии, с содержанием общегеографических, тематических и топографических карт. В популярной форме изложены задачи, решаемые по карте. Рассмотрены вопросы ориентирования на местности с использованием карт.

Для школьников, интересующихся различными видами карт, их содержанием, возможностью путешествовать с помощью карт.

Табл. 3, ил. 55, список лит. — 8 назв.

К $\frac{1902030000-290}{043(01)-87}$ 20—87 ББК 26.1

© Издательство «Недра», 1987

ВВЕДЕНИЕ

Географическая карта — одно из величайших творений человеческой мысли. Она появилась на заре цивилизации и много веков служит людям для познания и преобразования окружающего мира. Ни одна работа, связанная с изучением территорий, не обходится без карты. Без нее не отправится в путь ни один путешественник, ни одна экспедиция. Не имея карты, невозможно строить города и поселки, заводы и гидроэлектростанции, автострады и железные дороги, прокладывать каналы и линии электропередач, нефте- и газопроводы. Инженер и исследователь, летчик и строитель, геолог и агроном, офицер и синоптик, ученый и государственный деятель — все обращаются к карте и находят в ней ответы на свои вопросы. По картам можно изучать отдельные кварталы городов и Землю в целом, перелеты птиц и транспортные потоки, дно океана и атмосферу, строение толщ земной коры и ледниковые покровы, размещение населения, промышленного и сельского хозяйства в настоящем и будущем.

Карта является одним из важнейших источников знаний. Она используется при изучении многих дисциплин и особенно географии. Карта — это, по выражению известного ученого-географа Н. Н. Баранского, особый второй язык географии, язык, без которого география не может обойтись.

Карта рассказывает о незнакомой местности и создает ее зримый образ при помощи рисунка, состоящего из знаков и линий, цветов красок, шрифтов надписей.

Некоторые карты выполнены талантливыми мастерами и являются уникальными произведениями искусства.

Никакое литературное описание не может заменить карту, ибо оно не обладает ее точностью передачи информации и наглядностью, не дает зрительного представления о форме, величине и взаимном расположении объектов, не позволяет оценить пространственные взаимосвязи.

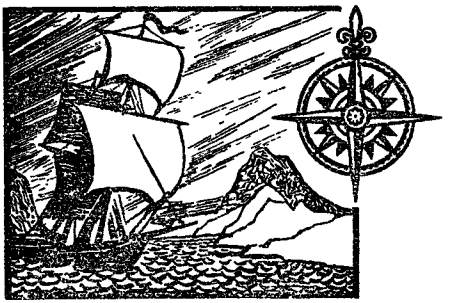
В. И. Ленин высоко ценил карты. Он неоднократно

указывал на необходимость издания атласа Советской России и отдельных карт.

В его кабинете в Кремле хранятся различные картографические произведения. Среди них географические атласы, обзорные карты России, карты железных дорог, административные, экономические, военные и другие. Все они служили В. И. Ленину рабочим материалом, на них сохранились его пометки, надписи, вычисления. На карты были нанесены ленинские проекты социалистического строительства и прежде всего план электрификации страны.

В. И. Ленин не только пользовался картами, но и осуществлял исключительно важную работу по организации картографического производства. 15 марта 1919 г. им был подписан Декрет об учреждении Высшего геодезического управления (ныне Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР). Главная цель ленинского декрета состояла в налаживании топографического изучения территорий в целях поднятия и развития производительных сил страны.

В настоящей книге читатель не найдет полного и подробного изложения основ картографической науки. Они даны в учебниках и фундаментальных научных трудах. Наша задача более узкая — рассказать о наиболее интересных разделах картографии. Несмотря на популярный характер изложения материала, читатели могут обстоятельно ознакомиться с основными вопросами создания карт, с некоторыми историческими вехами картографирования, основами использования карт и приемами работ с ними. И если автору удастся вызвать у читателей интерес к карте, желание ближе познакомиться с ней на практике, то он будет считать поставленную задачу выполненной.



КОЕ-ЧТО ИЗ ИСТОРИИ

У ИСТОКОВ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Картография представляет собой одну из наиболее древних отраслей человеческих знаний — ее истоки уходят в далекое прошлое. Она развивалась совместно с географией, в задачу которой входило изображение земной поверхности на чертеже. Такие чертежи у разных народов назывались по-разному. Современное название «карта» происходит от лат. «charte», означающее «письмо».

Развитие картографических знаний на протяжении всей истории человечества шло в ногу с развитием цивилизации. Достижения картографии на определенных исторических этапах служили как бы мерилом культуры человеческого общества.

История развития картографии отражает процесс постепенного освобождения человечества от примитивных взглядов на окружающий мир, освоения им природных богатств Земли.

Трудно определить, когда появились первые картографические изображения. Среди археологических находок на всех континентах можно увидеть примитивные рисунки местности, сделанные на камнях, костяных пластинках, бересте, дереве, возраст которых ученые определяют примерно в 15 тыс. лет. Совсем недавно, в 70-х гг. нашего столетия, один из таких древнейших чертежей был найден в Черкасской области (рис. 1). Он был вырезан на мамонтовом бивне. В сетке беспорядочных царапин исследователи различили картину местности: склон горы, стволы деревьев, реку, показанную двумя параллельными линиями. На берегу реки стоят четыре загадочных сооружения. Эти странные сооружения дей-

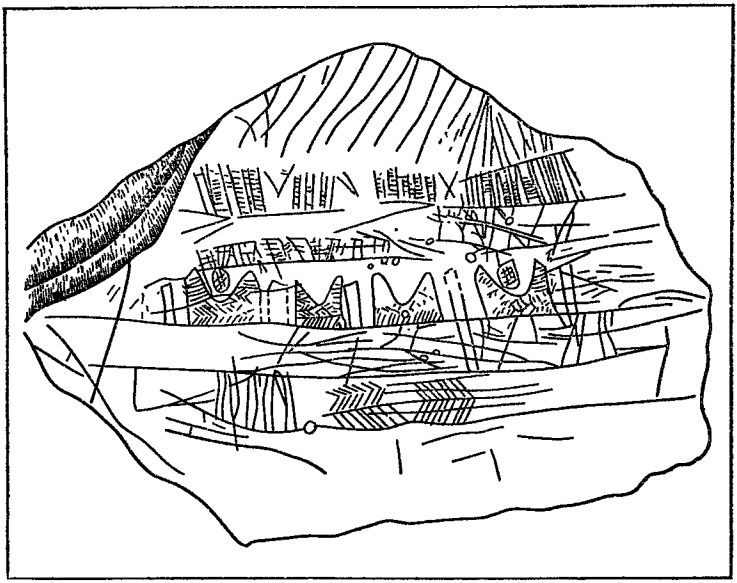


Рис. 1. Рисунок местности на мамонтовом бивне (XIII тысячелетие до н. э.)

ствительно существуют, и их ровно четыре. Вначале археологи обнаружили на местности три больших «дома», сложенные из костей мамонтов, крыши, конечно, не сохранились. Внутренние помещения были завалены бивнями, на одном из которых и удалось разглядеть набросок окрестностей. Основные части ландшафта узнавались сразу: спуск с горы, река, но только три сооружения, а на рисунке четыре! Значит, нужно искать еще одно. На это ушло несколько лет, и, наконец, археологи нашли четвертое сооружение. Древняя карта не подвела.

Как установлено, это изображение относится к XIII тысячелетию до н. э. Конечно, с современной точки зрения оно крайне примитивно: в нем совершенно не соблюдены соотношения размеров. Тем не менее следует признать, что рисунок на бивне не что иное, как одна из древних карт, с помощью которых наши далекие предки пытались передать свое представление о местности.

Характерной особенностью карт первобытных народов являлось то, что почти все они охватывали небольшую территорию, известную по личным наблюдениям, вспо-

могательных линий на них не было, не было также и надписей, поскольку еще не существовало письменности.

Европейские путешественники в XVI — XVIII вв. открыли не известные до того времени племена, которые находились на очень низкой ступени общественного развития, почти на уровне каменного века. Особенно поражали исследователей австралийские аборигены. Многие из них могли нарисовать удивительно точный план известной им местности. Этим они нередко оказывали большую помощь первооткрывателям.

Особый интерес представляют оригинальные морские карты, которые создавали жители Маршалловых островов и Полинезии, туземцы пользовались ими в плаваниях между островами архипелага. Сделаны они из тонких палочек, расположенных в разных направлениях, а к ним приложены раковины или камешки. Все это соединено нитями из пальмовых волокон. Палочки показывают направление морских течений и наиболее удобные пути, а камешки или раковины изображают острова. Внимательно наблюдая за океаном на протяжении многих поколений, островитяне заметили, что морское течение, встречая на своем пути землю, изменяет свое направление, а следовательно, по нему можно найти путь к суше.

КАРТЫ В ДРЕВНЕМ МИРЕ

Первыми картографами были путешественники и мореплаватели. Создатель эпических поэм «Одиссея» и «Илиада» древнегреческий поэт Гомер прекрасно знал окружающий его мир и в своих книгах дал подробное описание стран, прилегающих к Эгейскому морю.

Соотечественники Гомера свои знания о Земле старались представить в виде чертежа-карты. Уже в V в. до н. э. существовали такие карты, но они содержали слишком примитивные географические сведения. Известный древнегреческий ученый Геродот, живший в то время, писал: «Смешно глядеть, как из множества составителей землеописаний ни один не показал Земли толково».

Впрочем, взгляды самого Геродота на строение Вселенной мало чем отличались от общего уровня. Он представлял себе Землю так же, как и Гомер, в виде выпуклого диска, вытянутого с запада на восток и окруженного океаном.

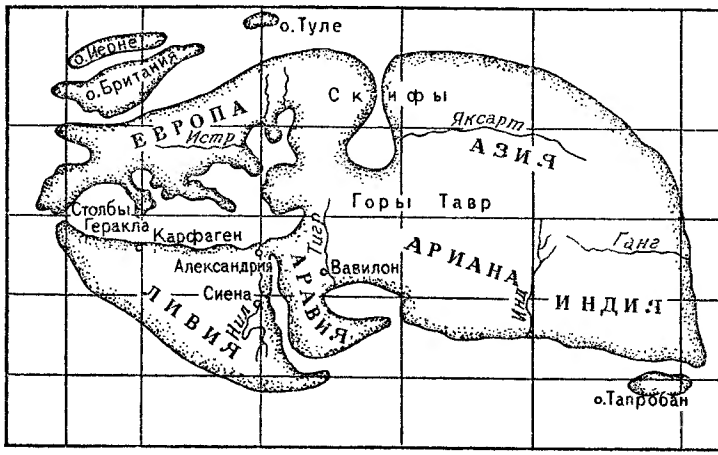


Рис. 2. Карта Эратосфена

Великий древнегреческий ученый Пифагор впервые высказал гипотезу о шарообразности Земли: «Все в природе должно быть гармонично и совершенно. Земля тоже должна быть совершенна. Но совершеннейшее из геометрических тел есть шар. Стало быть, Земля — шар!»

Пифагор оказался прав. Земля действительно имеет шарообразную форму. Но доказать, что Земля — шар, и тем более определить радиус земного шара удалось значительно позже. Сделал это древнегреческий математик и географ Эратосфен, живший в III в. до н. э. Он известен не только тем, что впервые определил размеры Земли, но и тем, что ввел понятия «параллели» и «меридианы», которыми пользуются и в наши дни. Он построил сетку параллелей и меридианов и на ее основе составил карту обитаемой Земли (рис. 2). Меридианы на ней проведены не через равные промежутки, а через определенные пункты, например, через Александрию, Карфаген. Так же проведены и параллели. Тем не менее сетка параллелей и меридианов позволила Эратосфену при помощи известных расстояний правильно показать взаимное расположение материков, гор, рек и городов. Карта Эратосфена была первой картой известного к тому времени мира, составленной с учетом шарообразности Земли. Ею пользовались до конца I в. н. э.

Заслуги в дальнейшем развитии картографии принадлежат величайшему греческому астроному древности

Гиппарху (180 — 126 гг. до н. э.). При построении карт он впервые разделил экватор на 360 частей (градусов), а не на 60, как это делалось раньше. Положение некоторых пунктов земной поверхности он определил из астрономических наблюдений, причем впервые ввел термины «широта» и «долгота».

Большой вклад в картографию внес знаменитый ученый-географ Птолемей, живший во II в. н. э. в египетском городе Александрия. Главную цель географии Птолемей видел в картографировании земного шара. «География, — писал он — дает нам возможность обозреть всю Землю в одной картине, подобно тому, как мы можем непосредственно обозревать все небо с его созвездиями в его вращении над нашей головой».

Птолемей написал немало книг. Среди них и очень подробное руководство по картографии. Оно состоит из восьми частей и называется «География». В нем не только описано, как изготовлять карты и что показывать на них, но даже перечислено около восьми тысяч названий различных объектов местности — городов, гор, рек, заливов. Более того — многие из них приведены с географическими координатами, определенными астрономически из наблюдений Солнца и звезд. По этим данным легко можно построить самую настоящую карту, вполне похожую на те, которыми пользуемся мы.

К «Географии» было приложено 27 карт, среди которых имеется подробная карта всей Земли, какой до него еще никто не создавал и вплоть до XV в. никто не создал лучшей. Для этой карты Птолемей разработал специальную картографическую проекцию, известную под названием проекции Птолемея.

На карте Птолемея (рис. 3) изображены три части света: Европа, Азия и Африка (Ливия). Западные берега Европы омывает Атлантический океан, с неведомых долин катит свои волны в Каспийское море Ра (Волга); мощные, причудливо извивающиеся потоки образует Нил. Индийский океан на карте Птолемея — это огромное озеро, окруженное со всех сторон сушей. Восточные берега Азии близко подходят к европейским. Возможно, что из-за этой ошибки Птолемея Колумб смело пустился в плавание через Атлантический океан в поисках «близких» восточных берегов Азии. На карте Птолемея через одинаковые промежутки нанесены параллели и меридианы.

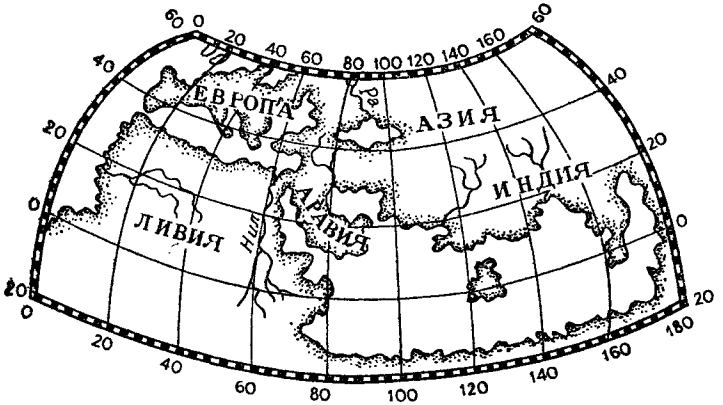


Рис. 3. Карта Птолемея

В древнем мире создавались карты, предназначенные для военных кампаний. Примером может служить дорожная карта (рис. 4), на которой показан весь известный в то время мир: от Британских островов на западе до устья реки Ганг на востоке, с юга и с севера — океан. Все сжато, вытянуто. Узкими полосами показаны Черное и Средиземное моря. Реки текут либо с востока на запад, либо с запада на восток. Нет никаких долгот и широт, никакой картографической сетки, никакой проекции. Да это и не требуется. Назначение дорожной карты — указывать путь. Вот почему она сделана в виде узкого свитка почти в 7 м длины, — так удобнее пользоваться в дороге. Моря и реки поэтому-то и вытянуты: как же иначе их разместить? При этом правда, очень сильно искажены очертания берегов. Но это не важно для человека, которого дорога приведет обязательно в нужное место. Искажены расстояния между населенными пунктами, нет масштаба, но вдоль дорог на карте подписаны длины линий, а изломы этих линий показывают станции.

Дорожные карты очень хорошо служили практическим нуждам. Вот почему они, несмотря на все недостатки, — замечательный памятник древней картографии.

Своим путем шло развитие картографии в рабовладельческом Китае. Еще за несколько столетий до нашей эры, когда Китай состоял из разрозненных царств, его территория была отображена на картах.

Существовал даже такой обычай. Если один царь же-

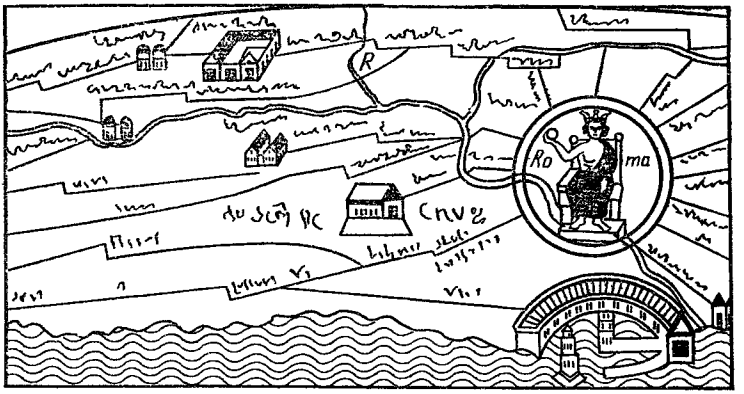


Рис. 4. Фрагмент дорожной карты

лал преподнести в дар другому царю какую-то часть своих земель, то он посылал со своим послом карту этих земель.

Картографические изображения тех времен были примитивны и напоминали схемы. В последующей истории китайской картографии известны и более подробные карты страны, но вплоть до XVII в. они составлялись без учета шарообразности Земли.

Значительные успехи в географии были достигнуты народами Ближнего Востока. Арабские ученые заимствовали у греков идеи о мироздании, размерах обитаемой Земли. Особенно велик был авторитет Птолемея. Карты, составленные арабскими картографами, имеют своеобразный вид и малопонятны для людей, привыкших к изображению местности по принципам европейской картографии. В их рисунке поражают геометрические очертания, преимущественно дуги окружностей и прямые линии.

ЭПОХА ВЕЛИКИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОТКРЫТИЙ

В средние века достижения античной картографической науки оказались надолго забытыми. Церковь вступила в жестокую борьбу с научными представлениями о строении мира. Она строго преследовала учение о шарообразной форме Земли.

Средневековые карты содержали живописное изображение местности. Картографы того времени, скрывая свое географическое неведение, заполняли карту разнообразными художественными рисунками: пустыни и леса «заселялись» дикими зверями, обжитые места заполнялись фигурами людей, моря украшались рисунками кораблей и морских животных.

Прошло много времени, прежде чем человеческая мысль освободилась от церковных догм. Лишь в XV в. вновь возрождается учение о шарообразной форме Земли. В это время переиздается карта Птолемея.

Эпоха великих географических открытий создала условия для развития картографической науки. Исключительно важное значение имели путешествия, совершенные в конце XV и начале XVI вв. Наиболее крупными из них были путешествия Х. Колумба, открывшего Америку, и кругосветное путешествие Ф. Магеллана. В эту эпоху неизмеримо расширился горизонт знаний человека. Каждый день приносил новые географические данные.

Выдающимся картографом XVI в. был фламандский ученый Г. Меркатор. Он не только составил наиболее точные для того времени карты мира, но и разработал несколько картографических проекций (способов построения градусной сетки для карт). Из них наиболее известна проекция, носящая его имя и применяемая в наши дни (рис. 5). Особенность проекции такова, что околополюсные пространства на ней не могут быть изображены. Поэтому район, прилегающий к Северному полюсу, дан отдельной врезкой в юго-западном углу карты. На нем показаны четыре больших острова с проливами между ними, разделенными у южных входов небольшими островами на узкие протоки. В легенде (пояснении) приводятся источники, послужившие основой такого изображения. Меркатор ссылается на отчет путешествия некоего Якова Кноена. Возможно, такое путешествие было, но не к географическому, а к магнитному полюсу. Заблуждение легко объяснимо: в то время еще не знали о магнитном склонении и полагали, что стрелка компаса направлена на истинный север, а магнитный полюс как раз и находится в островной группе канадского архипелага.

В историю географических открытий вошел английский мореплаватель Д. Кук (1728—1779 гг.). Он открыл

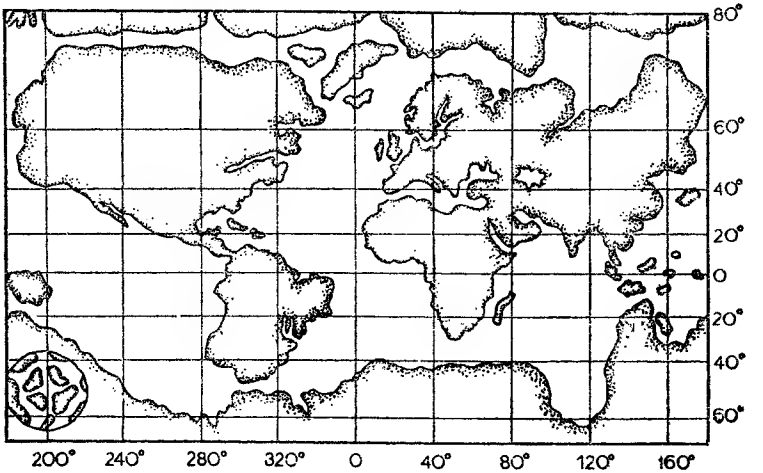


Рис. 5. Карта мира Меркатора

много островов в Тихом океане и исследовал восточный берег Австралии.

Успех всех экспедиций знаменитого мореплавателя Кука во многом определил туземец острова Таити — молодой полинезийский жрец Тупиа. У полинезийцев не было ни письменности, ни карт. От природы сообразительный, Тупиа отлично знал Полинезию. С его слов была составлена карта района, находящегося между 130 и 170° з. д., 7 и 27° ю. ш. Она охватывала территорию до 9 млн. км^2, и на ней было отмечено около 80 островов. Благодаря этой карте Кук сделал крупнейшие географические открытия.

Экспедицией Кука был открыт Южный океан, но открыть Антарктиду ему не посчастливилось. В своем дневнике он писал: «Если кто-либо... проникнет дальше меня, ...миру его открытия не принесут славы».

Мрачный прогноз Кука не оправдался. Первая русская антарктическая экспедиция, возглавляемая Ф. Беллинсгаузеном и М. Лазаревым, впервые приблизилась к берегам Антарктиды и нанесла их на карту.

Труден был путь создания карты мира. Каждая линия на ней, каждый штрих и точка — результат огромного многолетнего труда землепроходцев, отважных путешественников и исследователей. Но иногда составители

в погоне за славой становились на неверный путь и показывали на карте то, чего не было и не могло быть в действительности. Дорого обходились исследователям такие карты!

Великий русский мореплаватель командор В. Беринг поплатился жизнью, доверившись ошибочно составленной карте. Член его экспедиции Л. Делиль показал составленную его братом Гильомом карту, на которой к югу от Камчатки была изображена несуществующая Земля Гамы. И несмотря на то, что Сенат совершенно точно указал курс экспедиции Беринга от Камчатки к Америке, командор изменил его в поисках фантастической земли. Конечно, никакой Земли Гамы в том месте он не нашел, только напрасно потратил три недели драгоценного времени. Вот этих-то недель и не хватило В. Берингу для успешного завершения экспедиции. На обратном пути начались осенние штормы, продовольствие было на исходе, и люди совершенно обессилели. Почти неуправляемый корабль был выброшен на один из Командорских островов. Здесь во время вынужденной зимовки скончался великий командор. «Кровь закипает во мне всякий раз, — рассказывает один из помощников В. Беринга С. Ваксель, — когда я вспоминаю о бессовестном обмане, в который мы были введены этой неверной картой».

ЧЕРТЕЖИ РУССКИХ ЗЕМЕЛЬ

Русская картография имеет свою самобытную, чрезвычайно богатую историю. Ее делали блистательные землепроходцы, ходившие вдоль Амура и Тихого океана: Василий Поярков, Ерофей Хабаров, разведчик Охотского моря Михаил Стадухин, храбрый первопроходчик реки Лены Василий Бугров, искусный художник, составитель карт Семен Ремезов, устроитель Русской Америки Григорий Шелехов, отважный казак Семен Дежнев, открывший пролив между Азией и Америкой, и многие другие, часто безвестные, составители «чертежей», как тогда на Руси называли карты.

Чертежи были примитивны. Их исполнители — казаки, воеводы — не были топографами и даже не могли похвастаться своей грамотностью. Они работали, как умели и как подсказывало им чувство долга. Ориентировка по странам света и расчет расстояний по времени

движения являлись основными исходными данными для составления чертежа.

Предполагают, что чертежи создавались еще в XIII в., но ни один из них не сохранился. Зато имеется много свидетельств об использовании их при составлении карт в XVI—XVII вв. русскими и зарубежными картографами. Оригинальные русские чертежи послужили источником для составления замечательной карты Русского государства «Большой Чертеж». Эта карта охватывала огромную территорию от Белого до Черного моря и от Балтийского моря до реки Оби. Масштаб ее был 75 верст в 1 вершке, т. е. примерно 1 : 1 850 000, а размер 3×3 аршина (около 2×2 м). На ней имелось более 800 рек, 340 городов, 26 городищ, 34 монастыря, урочища, места добычи соли, озера. Всего на карте было изображено свыше 2000 географических объектов — степень подробности по тому времени очень большая. К великому сожалению, «Большой Чертеж», изготовленный в конце XVI в, не сохранился, но мы имеем полное представление о нем, так как располагаем приложением к нему — географическим описанием, известным под названием «Книга Большому Чертежу». В этой книге содержатся маршрутные описания по дорогам и рекам Московского государства. Вот выдержка из этой книги:

«Царствующий град Москва, на реке на Москве, на левом берегу; а река Москва вытекла по Вяземской дороге, за Можайском верст с 30 или немного больше. А от Москвы дорога до Серпухова 90 верст. А Серпухов стоит на Наре, а от Оки реки с версту».

Такое детальное описание взаимного расположения местных предметов с указанием расстояний между ними убеждает нас в том, что «Большой Чертеж» для того времени был достаточно подробным и точным.

НОВАЯ ЭПОХА В РУССКОЙ КАРТОГРАФИИ

Одна из ярчайших страниц в истории русской картографии связана с именем Петра I. Страстно желая завязать отношения с внешним миром, он в первую очередь обращал внимание на пути сообщения, особенно водные. По материалам гидрографических съемок в 1703 г. был составлен и издан Атлас Дона, Азовского и Черного морей, а в 1720 г. — Атлас Балтийского моря.

Петр I создал первую на Руси Математико-навигационную школу, где ученики обучались морской навига-

ции, геодезии и картографии. Специальным указом от 9 декабря 1719 г. он разослал подготовленных в школе геодезистов во все концы России для съемки отдельных территорий. Очень большой вклад в картографирование страны внесли выпускники школы геодезисты И. Евреинов и Ф. Лужин. Они прошли от Тобольска до Охотского моря и далее на Камчатку и Курильские острова. Именно они впервые определили точное местоположение разных географических пунктов и составили карту Сибири и Дальнего Востока.

Техника составления карт в те времена была несложной. На листе бумаги вычерчивалась сетка меридианов и параллелей (обычно прямоугольная), на которую по вычисленным координатам наносились опорные точки, а затем — основное содержание карты.

Карта, составленная И. Евреиновым и Ф. Лужиным, имела довольно значительные размеры — 1×0,5 м. Подробность и точность в различных ее частях неодинаковы. Детальнее изображены те места, где побывали геодезисты, а нанесенные со старых чертежей или со слов местных жителей оказались менее точными.

Реки вычерчены одной или двумя линиями в зависимости от их ширины. Горы изображены отдельными, не связанными в цепочки холмами одинаковых размеров с подчеркнутым основанием и слабо оттененной восточной стороной. Исключение составляет лишь изображение Ключевской сопки, которая показана значком грибовидной формы и сопровождается пояснительной надписью: «Сопка горит днем и ночью». Лесам соответствовали разобщенные или сгруппированные значки отдельных деревьев, городам — башни на возвышении с пристройкой и с крестом наверху. Названия указаны для всех населенных пунктов, почти всех рек, морей, некоторых островов. Все надписи сделаны аккуратно, четко, легко читаются.

Карта И. Евреинова, хотя и имеет ряд погрешностей (из-за неточного определения долгот она получилась сжатой с востока на запад), но обладает значительными преимуществами по сравнению с допетровскими чертежами. Во-первых, она построена на математической основе, которой не было в прежних чертежах; во-вторых, эта карта составлялась картографами-профессионалами, что проявилось в высоком художественном уровне ее исполнения.

Мы не знаем имен всех людей, принимавших участие в съемочных работах с целью создания карт русских земель, не знаем даже сколько их было. Трудно порой оценить, кто сделал больше, кто меньше. Но можно сказать, что съемочные работы, проведенные по указам Петра I, явились большим вкладом в развитие отечественной картографии.

Наиболее значительные успехи русской картографии во второй половине XVIII в. были связаны с именем нашего гениального ученого М. В. Ломоносова, возглавлявшего с 1757 по 1765 г. Географический департамент. Под его руководством подготовлено к изданию много карт, в том числе карта приполярных стран, составленная лично им. На ней берега континентов показаны по-разному. Там, где проведены тщательные исследования и побывали геодезисты, берега изображены сплошными утолщенными линиями, в недостаточно исследованных местах — пунктиром.

М. В. Ломоносова по праву можно считать также и отцом экономической картографии. Он впервые определил ее задачи и наметил программу работ по созданию экономических карт и атласов.

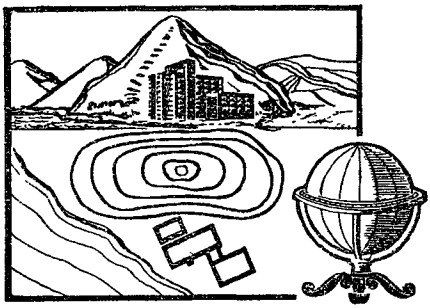
В 1797 г. было организовано Депо карт. Его силами составлена подробная столистная Карта Российской империи в масштабе 1 : 840 000. По сравнению с западноевропейскими картами того времени она выгодно отличалась разносторонней характеристикой природных особенностей местности. На ней умело применены условные знаки и наглядно изображен рельеф.

Впоследствии Депо карт было преобразовано в Военно-топографическое управление, при котором в 1822 г. создан Корпус военных топографов. В нем сосредоточилась вся гигантская работа по картографированию огромной страны. Военные топографы с первыми признаками весны уходили подчас в совершенно необжитые места, месяцами терпели лишения. С громоздкими приборами в руках версту за верстой мерили территорию России. Штрих за штрихом создавали точный портрет страны: прочерчивали линии рек и контуры берегов озер, морей, обозначали долины и кряжи, овраги и высоты. Высокое качество тысяч и тысяч листов карт, созданных русскими топографами, неизменно отмечались на международных выставках и географических конгрессах.

После Великой Октябрьской социалистической рево-

люции возникла острая необходимость в ускоренном картографировании страны. Уже с 1920 г. начал внедряться прогрессивный метод создания карт с использованием материалов аэрофотосъемки. Это позволило за сравнительно короткие сроки создать карты на обширные территории и к 1954 г. завершить картографирование нашей страны в масштабе 1 : 100 000. В настоящее время советская картография занимает одно из ведущих мест в мире.

В 1977 г. советскими картографами при участии специалистов социалистических стран завершена работа по созданию уникальной географической Карты мира в масштабе 1 : 2 500 000. Такого глобального и детального «портрета» нашей планеты до сих пор не было. На ней впервые изображена вся поверхность Земли, а также показан рельеф океанического дна. Карта содержит сведения о географических условиях, государствах, экономике и призвана помочь специалистам рациональнее использовать природные богатства и проводить мероприятия по охране окружающей среды.



ОТ ГЛОБУСА К КАРТЕ

МОДЕЛЬ ЗЕМЛИ

Уменьшенной моделью Земли, наиболее полно отображающей ее поверхность, является глобус, что в переводе с латинского означает шар. С помощью глобуса можно представить себе вращение Земли вокруг оси, наклон земной оси к плоскости орбиты. А главное, на глобусе мы наблюдаем в уменьшенном виде всю поверхность нашей планеты.

Первый упоминаемый в литературе земной глобус — глобус Кратеса из Пергамы — был сделан во II в. до н. э. Однако ни сам глобус, ни его изображение не найдены. В I в. н. э. среднеазиатский ученый Бируни, родившийся в городе Кяте — древней столице Хорезма (ныне г. Бируни Каракалпакской АССР) изготовил оригинальный глобус, наиболее точно для того времени передававший представление о земном шаре. О том, как ученый создавал свой глобус, он рассказывал сам: «Я начал с уточнения расстояний и названий мест и городов, основываясь на слышанном от тех, кто по ним странствовал, и собранном из уст тех, кто их видел. Предварительно я проверил надежность материала и принял меры предосторожности путем сопоставления сведений одних лиц со сведениями других». К сожалению и этот глобус до нас не дошел.

Первым из сохранившихся считается глобус, изготовленный в 1492 г. немецким географом М. Бехаймом. На нем еще не было Америки, и расстояние между западным побережьем Европы и восточным побережьем Азии было в два раза меньше, чем в действительности.

Уникальным памятником отечественной науки и техники XVIII в. является большой академический глобус,

диаметр которого составляет 3 м 10 см. На наружной поверхности его нанесена карта Земли, а на внутренней — звездного неба. Глобус укреплен на железной оси, нижний конец которой упирается в пол, а верхний с помощью специальных растяжек крепится к стенам зала. Внутри глобуса на его оси смонтированы стол и скамья. Здесь могут разместиться одновременно 10—12 человек. С помощью особого механизма глобус вращается вокруг оси, а сидящие внутри зрители, оставаясь на неподвижной скамье, могут наблюдать движение небесных светил. Этот глобус хранится в музее М. В. Ломоносова в Ленинграде.

В настоящее время фигуру Земли представляют в виде эллипсоида, так как экваториальный радиус Земли больше полярного примерно на 21 км. Возникает вопрос, почему же глобусы изготовляют в виде шара, а не эллипсоида?

Решим следующую задачу. Допустим, глобус имеет диаметр 50 см. На какую величину экваториальный радиус на таком глобусе больше полярного? Это можно определить, пользуясь следующим соотношением:

$$R/\Delta R = r/\Delta r,$$

где R — средний радиус Земли, r — радиус глобуса; ΔR, Δr — разности экваториального и полярного радиусов Земли и глобуса.

Из этой формулы следует, что разность экваториального и полярного радиусов глобуса составляет

$$\Delta r = (\Delta R/R)\, r = 21/6370 \cdot 25 = 0{,}1 \text{ см}.$$

Понятно, что такое малое расхождение радиусов глобуса не может быть ощутимо. И действительно, с космических высот наша планета представляется правильным шаром с затуманенными из-за наличия атмосферы краями.

Неровности земной поверхности также не отобразятся на глобусе. Даже такая величайшая вершина мира, как г. Джомолунгма, и та будет на глобусе незаметной песчинкой высотой несколько микрометров.

Обычно масштабы глобусов очень мелкие — 1:30—1:80 млн., но в отдельных случаях, например у музейных глобусов, они составляют 1:10 млн и крупнее. Такие глобусы иногда делают рельефными, но рельеф на них изображают в значительно укрупненном масштабе.

Параллели и меридианы, проведенные на глобусе, образуют своеобразную сетку, которая называется *географической.* Относительно этой сетки на поверхности глобуса изображены моря и океаны, материки и отдельные страны. Вследствие этого глобус обладает замечательными свойствами. Он не только наглядно представляет фигуру Земли, но и дает правильное представление о положении на земном шаре полюсов и экватора, а также основных частей земной поверхности: материков, океанов, морей, островов и других крупных объектов. Изображение Земли на глобусе имеет свойства равномасштабности, равновеликости и равноугольности. Это значит, что все линейные размеры даются на нем с одинаковым уменьшением, формы фигур подобны действительным очертаниям на земной поверхности, а площади всех объектов, показанных на глобусе, пропорциональны их действительным площадям на земном шаре.

Глобус как картографическая модель земного шара позволяет рассматривать Землю как бы со стороны, но не издалека и не окутанную в облачный покров, какой она видна из космоса, а расположенную рядом, доступную для непосредственного изучения, измерений и решения различных задач.

СО СФЕРЫ НА ПЛОСКОСТЬ

Глобус, безусловно, дает самое верное представление о взаимном расположении материков и океанов, рек, городов, гор. Но с этой моделью нашей планеты не очень удобно работать. Глобусы при всех своих достоинствах очень мелкомасштабны и громоздки. Так, если бы глобус был изготовлен в масштабе 1:1 000 000, то он имел бы диаметр 12,7 м. Кроме того, на нем трудно производить линейные измерения, определять плановые координаты точек, наносить на него изображения географических объектов. Да и пользоваться глобусом не всегда удобно — ведь его нельзя напечатать в книге или на отдельном листе. Поэтому-то глобусы имеют меньшее распространение и применение, чем карты, которые более удобны для использования и хранения.

Как же перейти от глобуса к карте, как перенести сферическую поверхность Земли на плоскость? Если бы Земля имела форму цилиндра или конуса, то сделать развертку ее поверхности не составило бы больших труд-

ностей. Но попробуйте сделать плоской корку от апельсина и вы поймете, в чем заключается основная проблема картографии: поверхность шара или эллипсоида нельзя перенести на плоскость без разрывов или складок.

Попытаемся сделать так. Перенесем с поверхности глобуса узкие полоски, ограниченные меридианами через 10 или 15° по долготе. В пределах каждой полоски видимых искажений нет, но зато между полосками получились разрывы, которые увеличиваются по мере удаления к полюсам. Заполним эти разрывы слегка растянув картографические рисунки, изображающие земную поверхность. Из-за этого правда, расстояния между городами, размеры морей, островов станут бóльшими, чем на глобусе. Гренландия, например, будет выглядеть больше, чем Австралия, хотя на самом деле ее площадь в 3 раза меньше. На глобусе, конечно, таких сюрпризов нет. Но уж тут ничего не поделаешь — другого выхода нет. Приходится с подобными искажениями мириться. Важно только знать, в каком участке карты и на сколько растянуты изображения.

Заметьте, что на каждой полоске, вырезанной из глобуса, крайние меридианы, а также параллели были дугами окружностей, а на карте они после растяжения стали прямыми линиями. Таким образом, переход от поверхности глобуса к плоскости получился в результате преобразования градусной сетки глобуса. В этом и состоит сущность так называемых картографических проекций.

В зависимости от вида проекции меридианы и параллели, образующие градусную (картографическую) сетку, могут изображаться прямыми, или кривыми линиями. Сетка параллелей и меридианов служит основой любой карты. Ее заполняют географическими объектами, положение которых определяется из топографических съемок. Образно говоря, сетка служит канвой, на которой вышиваются географические узоры.

При создании карт применяют самые разнообразные проекции. Точки земной поверхности проектируют на плоскости, конусы, цилиндры, многоугольники или сразу же на поверхности нескольких совмещенных фигур. При этом Земля принимает самый разнообразный вид.

Над разработкой картографических проекций трудились крупнейшие ученые разных эпох. Достаточно на-

звать Аристотеля и Птолемея, Леонардо да Винчи и Декарта, М. В. Ломоносова и К. Гаусса. Замечательный русский ученый, создатель периодической системы химических элементов Д. И. Менделеев также внес определенный вклад в картографию: он предложил оригинальную проекцию для карты России, и такая карта была издана в 1906 г.

Несмотря на то, что существуют тысячи способов изображения Земли на плоскости, ни один из них не дает точного ее воспроизведения. Всегда чем-то приходится жертвовать. На одних картах правильно изображают очертания материков и океанов, но при этом искажают их размеры. На других — сохраняют площади, зато искажают формы континентов.

Применяя различные картографические проекции, можно создавать карты, свободные или почти свободные от одних искажений, но сохраняющие искажения другого рода. Знакомясь с различными видами карт, можно только поражаться широте возможностей и гибкости средств, которыми обладает картография. Картографы могут предложить специалистам множество проекций, причем каждая будет удовлетворять ранее заданным условиям, за исключением одного: карты, совершенно свободной от искажений земной поверхности, не существует. Хотите избавиться от одних искажений — миритесь с другими!

Самые большие искажения свойственны картам мира, так как на них изображают поверхность всего земного шара. На картах отдельных стран искажения будут меньше. Это легко понять: ведь маленькую выпуклость сферы легче перенести на плоскость! Поэтому на карте, изображающей небольшой материк, небольшую страну, разномасштабность в различных ее местах невелика, и при измерениях можно пользоваться одним, средним масштабом.

На первый взгляд, построение картографических проекций может показаться простым делом. На самом же деле любая проекция строится по строгому математическому закону. Изучением законов построения картографических проекций занимается специальная наука — математическая картография.

Составление карты сводится к изображению географических объектов, расположенных на земной поверхности. Их можно выполнить различным путем. Заключим, например, изображение в какую-то систему координат x, y, а затем преобразуем ее в другую систему x_1y_1 и перенесем изображение по клеткам координатной сетки (рис. 6). Что же произошло в результате? Лоб сделался скошенным, затылок выдался назад и т. д. Чем детальнее мы станем описывать результаты изменений, тем станет яснее, как помогает такому описанию координатная сетка. В сущности все описание можно свести к показу того, что произошло с сеткой, так как она является как бы каркасом изображения.

Для картографических изображений своеобразным каркасом служит градусная сетка, которая наносится на основу будущей карты в определенной картографической проекции. Затем по клеткам градусной (картографической) сетки переносят и вычерчивают материки и другие географические объекты.

Сущность картографического проектирования легко уясняется из следующего примера. Возьмем полый стеклянный шар и на одной его половине нанесем градусную сетку и очертания материков, океанов, морей (рис. 7). С одной стороны шара установим экран, а с другой стороны на уровне экватора — источник света, например карманный фонарь. В этом случае на экран проектируются градусная сетка и контуры материков. Обведя полученное изображение карандашом, получим карту полушария.

Сравним начертания параллелей и меридианов на глобусе с очертаниями их на карте полушария. Если на

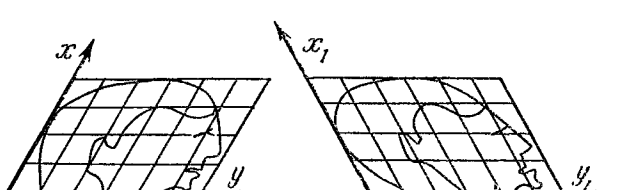


Рис. 6. Преобразование изображений при переходе от одной координатной сетки к другой

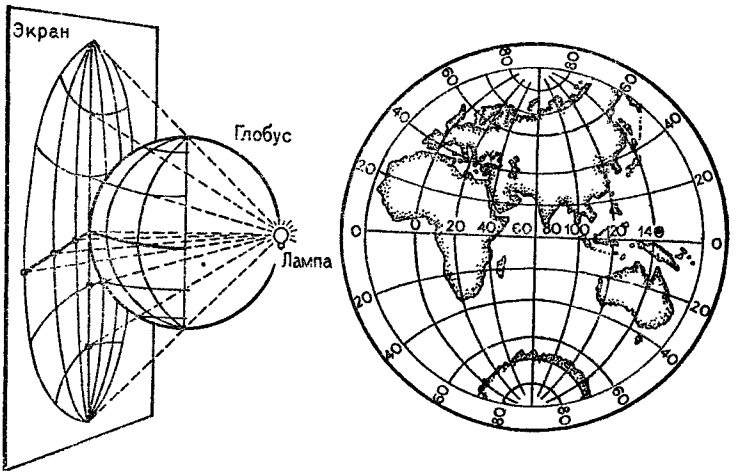


Рис. 7. Схема получения азимутальной проекции

глобусе все параллели представляют собой окружности, расположенные параллельно экватору, то на карте полушария экватор изображается прямой линией, а параллели — кривыми линиями разной округлости, и поэтому равные расстояния между параллелями получаются на карте различными. Все меридианы на глобусе имеют одинаковую длину, что соответствует действительности. На карте полушария длина меридианов различна. Средний меридиан изображен прямой линией, крайние образуют окружности, длина которых в полтора раза больше среднего, а остальные — кривыми.

При проектировании градусной сетки с глобуса на плоскость, касательную к нему в какой-либо точке, или на плоскость, секущую его, получают так называемые азимутальные проекции. В нашем примере плоскость касалась глобуса в точке экватора. Такие проекции называют поперечными. Если же точка касания находится на полюсе, то проекция называется прямой. Прямая азимутальная проекция имеет совершенно другую форму картографической сетки: параллели на ней изображаются концентрическими окружностями, а меридианы — прямыми радиальными линиями.

Концентрические окружности могут быть нанесены по-разному. Их можно провести, например, радиусами

выпрямленных дуг меридиана от полюса до соответствующих параллелей. Такая проекция называется равнопромежуточной по меридианам. На ней сохраняется одинаковый масштаб по всем меридианам.

Азимутальных проекций может быть великое множество. Во-первых, точку касания можно брать не только на экваторе или на полюсах, но в любом другом произвольном месте. Во-вторых, источник света, т. е. центр проектирования, можно передвигать все дальше и дальше от глобуса, и в каждом случае картографическая сетка будет принимать разную форму.

А вот еще один вид картографической проекции. Вообразите, что земной шар обернут цилиндрической поверхностью, соприкасающейся с ним по линии экватора (рис. 8, *а*). Световая точка находится на оси шара и посылает веером вокруг себя плоский пучок лучей, параллельных экватору, при этом точка перемещается вдоль земной оси, проецируя по очереди только те параллели, которые находятся на одном уровне с ней.

Движущаяся световая точка перенесла с шара градусную сетку на поверхность цилиндра. Снимем этот экран, замкнутый в цилиндр, разрежем его по одному из меридианов и, развернув на столе, получим карту в цилиндрической проекции (рис. 8, *б*). Для подобных проекций характерны взаимно перпендикулярное начертание параллелей и меридианов и равенство расстояний

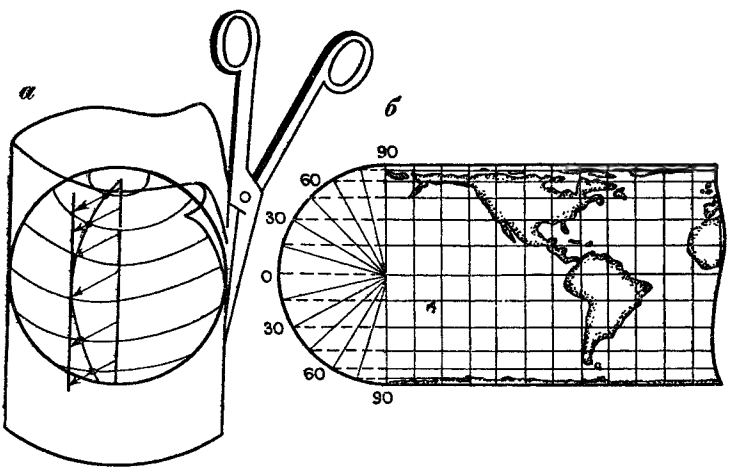


Рис. 8. Схема получения цилиндрической проекции

между меридианами. По расположению параллелей выделяются три основных вида проекций. В полученной нами проекции расстояния между параллелями значительно уменьшаются по мере приближения к полюсам, и поэтому очертания материков, удаленных от экватора, становятся уродливыми. Такую проекцию разработал немецкий ученый Ламберт в середине XVIII в. Фламандский картограф Меркатор поступил наоборот: он увеличил расстояния между параллелями от экватора к полюсам, и карта приняла совершенно иной вид (см. рис. 5). Если же расстояния между параллелями равны между собой и расстояниям между меридианами, это будет квадратная проекция. Ее предложил еще в 1438 г. португалец Энрико, известный также под именем Генриха Мореплавателя.

При построении цилиндрических проекций цилиндр, на который переносится градусная сетка, может касаться шара не только по линии экватора, но и по любой другой линии большого круга. И не только касаться, но и рассекать его. В зависимости от этого картографическая сетка также принимает различный вид.

В цилиндрической проекции составляются и топографические карты. Но в отличие от мелкомасштабных обзорных карт местность на них изображается как на плане, т. е. практически без искажений. Как же это объяснить? Дело в том, что поверхность Земли переносится на плоскость не сразу вся, а по отдельным частям — зонам шириной 6° по долготе. Каждая зона как бы переносится с земного шара на поверхность воображаемого цилиндра, который затем разрезается и развертывается. Перенесенные таким путем зоны изображаются на плоскости одна рядом с другой. Масштаб в каждой зоне практически одинаков. Поэтому не только отдельные листы топографических карт, но и их склейки в пределах зоны при измерениях можно использовать как планы, на которых сохраняется постоянство масштаба. Две зоны соприкасаются между собой только в точке на линии экватора, а к северу и к югу от экватора происходят разрывы. В них-то и скрыты искажения за счет перехода со сферы на плоскость. Если же склеить все зоны вместе, то получится шаровая поверхность, т. е. глобус.

Следующая большая группа проекций относится к коническим. В конических проекциях градусная сетка

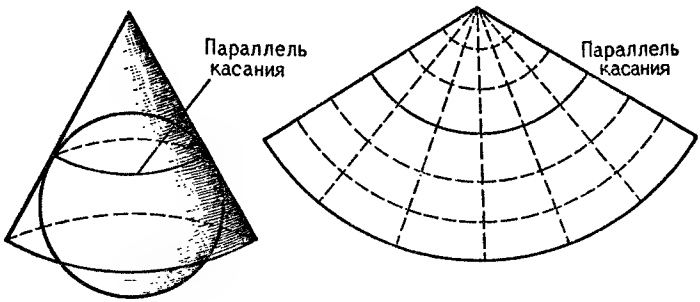


Рис. 9. Проекция на конус

переносится с шара на боковую поверхность касательного к нему или секущего конуса, который затем так же, как и цилиндр, разрезается и развертывается. Градусную сетку в конической проекции можно легко построить самим, используя глобус и лист кальки. Из кальки сделайте конус, который затем поставьте на глобус так, чтобы его вершина располагалась над полюсом (рис. 9). Карандашом обведите на кальке параллель глобуса, по которой его касается конус. После этого снимите конус и разрежьте его по образующей. Прочерченную линию параллели поделите на равные части через определенное число градусов, например, через 30°. Соедините прямыми линиями точки деления с вершиной. Это будут меридианы. А параллели проведите в виде дуг концентрических окружностей через равные по меридиану промежутки, обозначающие определенное число градусов широты. В результате построения вы получите картографическую сетку в конической проекции.

Когда задача имеет слишком много решений, всегда возникает вопрос: нельзя ли выбрать лучшее из них. Для географических карт П. Л. Чебышев в 1856 г. поставил и решил следующую проблему: каким образом дать наиболее подобное изображение данной страны, чтобы при этом искажение масштаба оказалось минимальным. Без доказательства он сообщил, что для этого нужно, чтобы масштаб во всех точках границы страны был одним и тем же. П. Л. Чебышев умер, не опубликовав своей работы. Долгие годы математики всего мира искали решение этой задачи. Лишь в 1896 г. русский ученый Д. А. Граве сумел восстановить доказательство П. Л. Чебышева.

Картографическую проекцию, удовлетворяющую поставленному условию, можно создать только в том случае, когда северная и южная границы страны проходят по параллелям, а западная и восточная — по меридианам. Для каждой страны можно составить проекцию, которая в достаточной степени отвечает нашему условию. Попробуем это сделать для карты Испании и Португалии (рис. 10).

Рис. 10. Проекция с минимальным искажением масштаба

Найдем на глобусе или карте крайние точки Пиренейского полуострова и определим их координаты:

мыс Финистерре	42,9° с. ш.,	9,3° з. д. (—9,3°);
мыс Креус	42,3° с. ш.,	3,3° в. д. (3,3°);
мыс Сан-Висенти	37,1° с. ш.,	9,0° з. д. (—9,0°);
мыс Гата	36,7° с. ш.,	2,2° з. д (—2,2°)

Возьмем средние значения широт для северной и южной сторон и средние значения долгот для западной и восточной сторон четырехугольника:

$$B_{ср} = (42{,}9 + 42{,}3)/2 = 42{,}6°;$$

$$B_{ср} = (37{,}1 + 36{,}7)/2 = 36{,}9°;$$

$$L_{ср} = (-9{,}3) + (-9{,}0)/2 = -9{,}2°;$$

$$L_{ср} = (3{,}3) + (-2{,}2)/2 = +0{,}6°.$$

Длина дуги меридиана в 1° составляет 111 км, а длина дуг параллелей в 1° на широте 42,6° равна 82 км и на широте 36,9° — 89 км. Разность средних широт составляет 5,7° (42,6—36,9), а средних долгот 9,8° (0,6+ +9,2). Подсчитаем длины сторон трапеции, составленной средними параллелями и меридианами. Получилось: нижнее основание 872 км (89·9,8), верхнее основание 804 км (82·9,8), боковая сторона 633 км (111·5,7). По этим данным вычертим в определенном масштабе пунктирной линией трапецию, и у ее сторон подпишем соответствующие широты и долготы (36,9° с. ш., 42,6° с. ш., 9,2° з. д., 0,6° в. д.). Предварительное условие выполнено. У нас получилась клетка вспомогательной картографи-

ческой сетки, по сторонам которой выдерживается один и тот же масштаб. Пользуясь ею, проведем через 5° параллели и меридианы и от них нанесем границу Пиренейского полуострова. Она пройдет недалеко от линий вспомогательной сетки, и во всех ее точках масштаб практически будет одним и тем же, равным масштабу трапеции.

Идея П. Л. Чебышева нашла практическое воплощение при составлении карт СССР. Такие карты обычно составляют в конической проекции с условием сохранения масштаба по меридианам и двум параллелям, одна из которых пересекает южную границу страны, а вторая проходит на несколько градусов южнее побережья Северного Ледовитого океана. Получается так, что конус не касается глобуса, а сечет его по двум заданным параллелям.

Возможно, у вас возникнет вопрос: почему северная параллель сечения так же, как и южная, не пересекает границу страны, а находится южнее ее? Нетрудно догадаться, в чем тут дело. Перенос параллели сечения к югу вызван тем, что северные окраины нашей страны мало обжиты, а точность картографического изображения более важна в местах населенных.

Мы познакомились только с основными картографическими проекциями. А сколько их разновидностей? Сколько разработано еще так называемых условных проекций? Великое множество! Изображение земного шара мы видим на Гербе СССР. В такой проекции предложил представить нашу планету военный топограф В. Н. Адрианов. Получился очень эффектный рисунок. Земной шар представляется как бы силуэтом летящей в пространстве планеты. В другой проекции изображена схематическая карта на эмблеме ООН (рис. 11). Здесь на одном полушарии удалось изобразить поверхность всего мира — олицетворение идей организации, объеди-

Рис. 11. Изображение земного шара на эмблеме ООН

няющей все страны независимо от их политического устройства. Поверхность земного шара от Северного полюса до экватора изображена в обычной полярной азимутальной проекции. А дальше — от экватора к Южному полюсу изображение поверхности чрезвычайно искажено. Параллели, уменьшающиеся к югу от экватора, в этой проекции увеличиваются до бесконечности. Понятно, что карта в такой проекции для практического использования непригодна. А вот если сделать разрывы от экватора к южному полюсу, то поверхность южного полушария принимает сравнительно реальный вид. В результате такого картографического приема получается звездообразная проекция (рис. 12).

В условных проекциях картографическая сетка иногда может принимать весьма замысловатый вид. В каче-

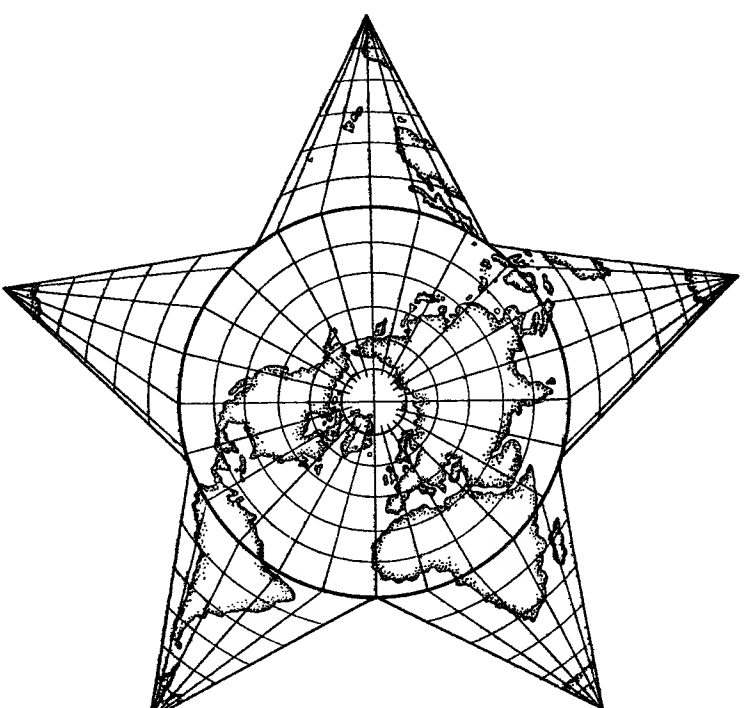


Рис. 12. Карта мира в звездообразной проекции

стве примера можно привести сетку, имеющую вид сердца. Такую «сердцевидную» проекцию предложил в 1538 г. Г. Меркатор. При первом взгляде на карту обращает на себя внимание своеобразный вид параллелей и меридианов, более похожий на произведение искусства, чем на картографическую сетку. Это была дань времени — в XVI в. уделялось большое внимание внешнему виду карт, и в их оформлении принимали участие виднейшие художники. Пустые пространства на самой карте и за ее рамкой заполнялись различными рисунками, а картографическая сетка изображалась так, чтобы возможно ярче отобразить сферичность Земли.

Несмотря на многообразие всевозможных картографических проекций, их объединяет общая закономерность: любой точке на карте соответствует только одна точка на земной поверхности, а всякий знак, помещенный в этой точке, имеет лишь одно значение.

КАК ИСКАЖАЮТСЯ МАТЕРИКИ НА КАРТЕ

При изображении на плоскости географических объектов, расположенных на сферической поверхности, неизбежны искажения. На картах характер искажений зависит от вида проекции. На одних сильно меняются размеры площадей, но сохраняется равенство углов. Такие проекции называют равноугольными. Другие карты, наоборот, отличаются тем, что сохраняют размеры площадей, но сильно искажают конфигурацию материков. Это так называемые равновеликие проекции. Но многие карты имеют проекции, которые хотя и обладают своими видами искажений, однако каждое из них остается сравнительно малым. Такие проекции называются произвольными.

На рис. 13 приведены карты Северной и Центральной Америки, составленные в знакомых нам цилиндрических проекциях Меркатора, Ламберта и Энрико. Проекция Меркатора (рис. 13, *а*) равноугольная. На ней сохраняются направления, а следовательно, и конфигурация береговых линий в отдельных ее частях, но сильно искажаются площади по мере удаления от экватора. Площадь Аляски, например, вышла на карте в два раза больше Мексики. Между тем в действительности территория Мексики больше территории Аляски. Проекция

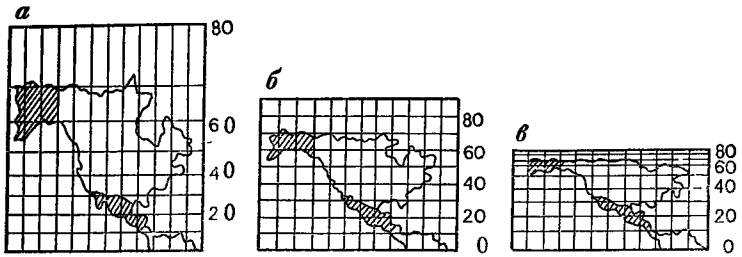


Рис. 13. Карта Северной и Центральной Америки в трех проекциях: *а* — равноугольной; *б* — произвольной; *в* — равновеликой

Ламберта (рис. 13, *в*) — равновеликая. Здесь сохраняется соотношение площадей, но в значительной мере искажены углы. В результате конфигурация северных берегов материка настолько изменена, что стала совсем не похожей на действительную. По виду искажений квадратную проекцию (рис. 13, *б*) следует отнести к произвольной, так как ей свойственны и угловые и площадные искажения, но в меньшей степени, чем в двух других.

Остановимся более подробно на карте в проекции Меркатора. В квадратной проекции искажения контуров материков особенно заметны потому, что при сохранении единого масштаба вдоль меридианов масштаб по параллелям нарастает и достигает огромных размеров вблизи полюсов. Меркатор решил пропорционально растяжению параллелей между меридианами увеличивать и отрезки самих меридианов. В этом случае, хотя и пришлось поступиться сохранением единого масштаба вдоль меридианов, все же удалось сохранить подобие фигур небольших участков земной поверхности, их действительные, неискаженные очертания. А в подобных фигурах углы остаются соответственно одинаковыми. Понятно, что при переходе к большим фигурам подобие и здесь нарушалось.

Итак, Меркатор дополнительно растянул отрезки меридианов в определенной последовательности: чем ближе к полюсу, тем большее растяжение испытывает отрезок меридиана. У полюсов меридианы становятся бесконечно длинными, и поэтому Меркатор был вынужден срезать карту сверху и снизу, отбросив приполярные области. Кстати очертания их тогда были известны

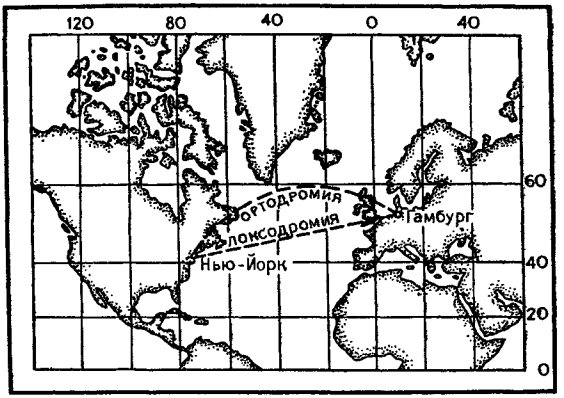


Рис. 14. Локсодромия и ортодромия на карте в проекции Меркатора

крайне неточно и неполно, и спроса на карты этих территорий, естественно, не было.

Карта Меркатора особенно облегчала решение штурманских задач. Угол, измеренный на ней между направлением меридиана и направлением на конечный пункт, точно соответствует курсу корабля. Корабль вели по компасу, а если углы между меридианом и направлением пути как на карте, так и на поверхности Земли совпадают, значит, штурман может быть уверен в правильности курса. Но будет ли по этому направлению проходить кратчайший путь?

Перед нами карта в проекции Меркатора (рис. 14). Попытаемся нанести на нее кратчайший путь, например, из Гамбурга в Нью-Йорк. Соединим оба города прямой линией. На первый взгляд можно сказать, что по этой линии, которую называют *локсодромией*, и будет проходить кратчайший путь. Ведь это прямая линия, а что может быть короче прямого пути. Но это не так: на самом деле кратчайшее расстояние между Гамбургом и Нью-Йорком соответствует длине кривой линии, называемой ортодромией. На шаре это дуга большого круга, на эллипсоиде — более сложная кривая. Расстояние по локсодромии на поверхности земного шара всегда больше расстояния по ортодромии, за исключением направлений по меридиану и экватору, где локсодромия одновременно является и ортодромией. На рисунке показаны

локсодромия и ортодромия, соединяющие Гамбург с Нью-Йорком. Как видите, кратчайшее расстояние между этими городами на карте в проекции Меркатора окажется кривой линией — ортодромией. В этом нетрудно убедиться, натянув на глобусе нить между заданными пунктами. Натянутая нить — бесспорный указатель кратчайшего пути. Именно по ортодромической трассе совершили в 1939 г. перелет Москва — Нью-Йорк Герой Советского Союза В. К. Коккинаки и штурман М. Гордиенко.

Впервые прокладку курса по кратчайшему пути разработал в 1731 г. русский ученый, крупнейший исследователь Сибири и Арктики С. Г. Малыгин. Он составил специальную карту, по которой можно нанести ортодромию. Пользуясь картой Малыгина, корабль вели с помощью компаса кратчайшим путем, но в расчетный курс через определенные интервалы вводили поправки. Малыгин разработал не только карту, но и методику определения поправок в расчетные курсы и составил для этой цели специальные таблицы.

В отличие от проекции Меркатора проекция Ламберта (см. рис. 13, *в*) сохраняет правильное соотношение площадей материков, морей и др. Ламберт составил также в равновеликой проекции и карты полушарий. По начертанию параллелей и меридианов эта проекция относится к поперечной азимутальной (рис. 15). Искажения конфигурации материков на карте полушарий в проекции Ламберта значительны. В этом можно убедиться, рассматривая очертания участков земной поверхности протяженностью 10° по широте и 10° по долготе. На глобусе все такие участки, расположенные на одной и той же широте, равны между собой, а на карте их очертания на разных долготах различны. Если у экватора в середине полушария клетка градусной сетки имеет форму квадрата, то к краям карты она сильно вытянута по долготе и сужена по широте. Подобные искажения градусной сетки наблюдаются и на любых других широтах.

Из карты двух полушарий можно составить одну карту мира, которая также имеет свойство равновеликости. Для этого проделаем следующее. На одном из полушарий у пересечения экватора со средним меридианом, имеющим вид прямой линии, подпишем нуль, а вправо и влево от этой точки по экватору дадим оцифровку

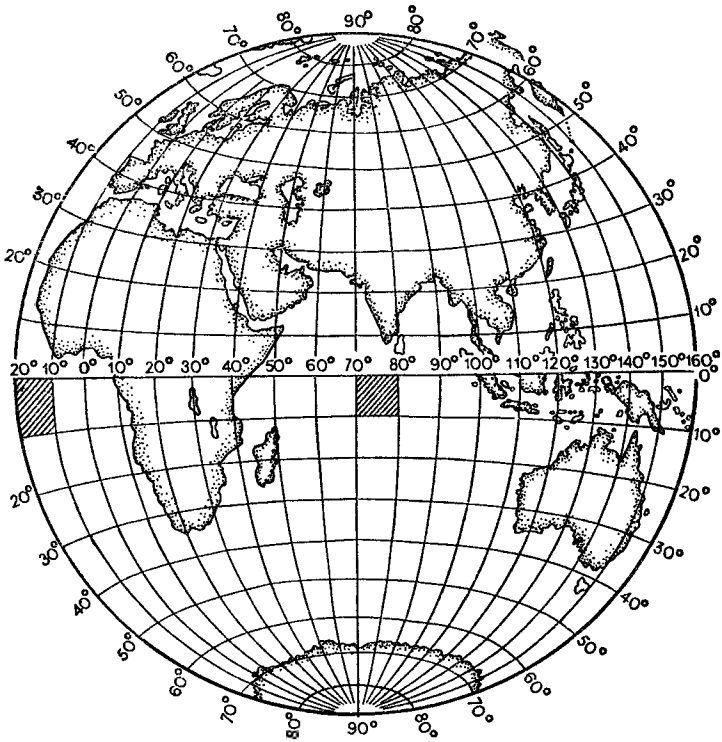


Рис. 15. Карта полушария в равновсликой проекции Ламберта

меридианам через 20° (0, 20, 40, ..., 180°). Получилась картографическая сетка для карты мира. Но если бы мы поместили в этот круг изображения материков с обоих полушарий, то свойство равновеликости было бы нарушено. Чтобы оно сохранилось, нужно из окружности сделать овал, уменьшив вдвое промежутки между параллелями по среднему меридиану. Такую проекцию впервые составил русский ученый-картограф Д. А. Аитов.

Равновеликие проекции часто применяют для составления политической карты мира, так как на ней очень важно показать правильное соотношение площадей различных стран. Политическая карта обычно бывает не в овальной рамке, а в прямоугольной, и в ее углах повторяют изображения одной и той же территории. Такие изображения, вырезанные из северо-западного и севе-

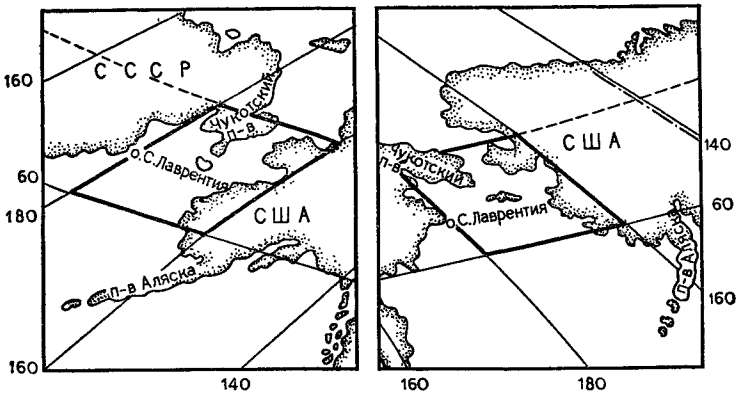


Рис. 16. Изображение Чукотки и Аляски в различных углах карты

ро-восточного углов карты, представлены на рис. 16. На правой и левой вырезках выделена клетка градусной сетки, ограниченная двумя одноименными меридианами (180 и 160° з. д.) и параллелями (60° с. ш. и Северным полярным кругом). Соответствующие стороны обеих клеток имеют почти одинаковые размеры, и поэтому площади одноименных островов и полуостровов на той и другой вырезке будут равны. Вместе с тем искажения в направлениях очень велики. Если на левой вырезке угол между параллелью и меридианом острый, то на правой вырезке он тупой, и наоборот. Соответственно искажены и углы с любого пункта на однозначные объекты. Все это сказывается на конфигурации полуостровов, островов, рек. Сравните, например, изображения Аляски на правой и левой вырезках из карт. Они настолько непохожи друг на друга, что на первый взгляд их трудно сопоставить. Обратите внимание на остров Святого Лаврентия. На левой вырезке он сплюснут, а на правой — вытянут, и нет никакого подобия между этими двумя изображениями одного и того же острова.

Для большинства карт применяют произвольные проекции, которые не дают резких искажений в очертаниях материков и их площадей. Поэтому в таких проекциях обычно составляют бóльшую часть карт мира.

О МАСШТАБАХ

Читать карту, не зная масштаба, это все равно что читать рассказ, не зная где и когда происходят события. И тем, кто еще не научился им пользоваться, необходимо знать, что чем мельче масштаб, тем более обширное пространство может быть показано на листе карты, но местность на ней изображается с меньшими подробностями, и наоборот, чем крупнее масштаб карты, тем с большей детальностью могут быть показаны на ней элементы ее содержания.

Часто для иллюстрации обзорных статей в газетах и журналах приводятся две или даже три карты разных масштабов. Это дает возможность читателю рассмотреть во всех подробностях небольшую страну или ее часть и в то же время узнать ее местоположение на карте мира. В качестве примера на рис. 17 приводятся три вырезки из карт разных масштабов, на которых расположен город Аден. Справа дана карта самого крупного масштаба: в 1 см 2 км. На ней показано подробное изображение города, ведущие к нему дороги и даже рельеф местности. Слева внизу показана обзорная карта очень мелкого масштаба: в 1 см 1000 км. Здесь мы можем познакомиться с местоположением Адена относительно частей света, морей и океанов. Слева вверху дана карта, на которой подробно отображено прилегающее побережье на десятки километров, но ее масштаб все же не позволил изобразить местность с такой подробностью, как на правой карте. Здесь мы обозначили масштабный отрезок размером 1 см, но не подписали, чему он соответствует. Попытайтесь сами определить это значение, т. е. узнать масштаб карты.

Для решения задачи измерьте на верхней левой карте ширину и длину Аденского полуострова в миллиметрах и сравните их с соответствующими расстояниями на правой карте. Если вы правильно сделали, то расстояния получатся в пять раз меньше. Значит, и масштаб ее будет в 5 раз мельче правой карты, т. е. в 1 см 10 км.

Масштабы карт обычно выражают отношением единицы к числу, показывающему, во сколько раз все размеры на карте меньше соответствующих размеров в натуре. Вот, например, два масштаба: 1 : 500 000 и 1 : 10 000 000. Сообразите, какой из них крупнее и во сколько раз.

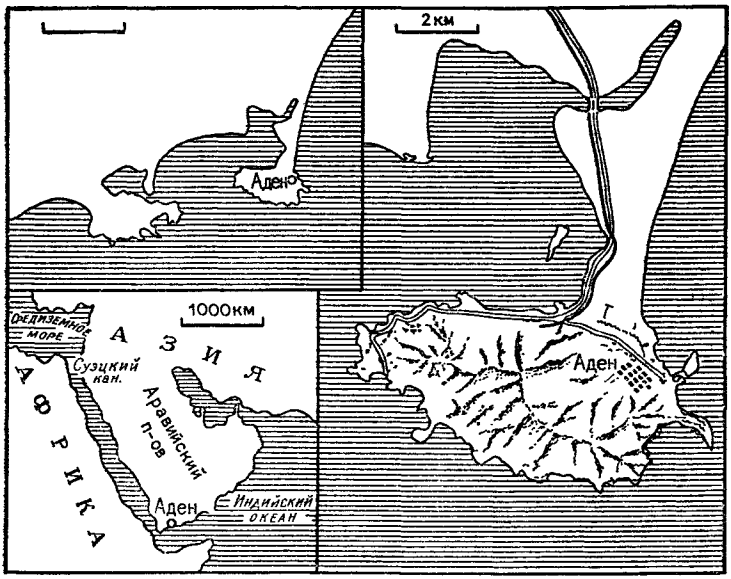


Рис. 17. Картографическое изображение в разных масштабах

Более крупным считается тот масштаб, в котором одни и те же географические объекты изображаются крупнее. В самом деле, масштаб представляет собой дробь, в числителе которой единица. А из двух дробей с одинаковыми числителями больше та, у которой меньше знаменатель. Значит масштаб 1 : 500 000 крупнее масштаба 1 : 10 000 000 в 20 раз.

А если вам встретится такое выражение: «Масштаб карты более 1 км в 1 см», что же это будет за карта? Крупнее или мельче, чем карта масштаба 1 : 100 000, у которой 1 см точно соответствует 1 км? Оказывается мельче, потому что, чем больше знаменатель, тем мельче масштаб карты.

По численному масштабу очень легко узнать именованный масштаб (число километров, соответствующее 1 см карты). Километр, как известно, содержит 100 000 см. Значит, знаменатель масштаба надо разделить на 100 000, т. е. у знаменателя нужно зачеркнуть последние пять нулей.

В топографии мы привыкли считать масштаб для всего листа карты величиной постоянной. На мелкомасштабной карте, изображающей значительную территорию, масштаб непостоянен. Он бывает различен не только в разных частях карты, но и в различных направлениях в зависимости от проекции.

Необходимость иметь дело с переменным масштабом усложняет пользование картой. Для удобства работы картографы задают так называемый главный масштаб, который соответствует масштабу в каких-либо определенных местах проекции. Такими местами могут быть точки или линии касания поверхностей, на которые проектируется градусная сетка с глобуса на карту. Значит, чтобы определить главный масштаб карты, нужно прежде всего знать, в какой проекции она составлена.

Обратимся к рис. 13. Все три карты, представленные на нем, составлены в цилиндрических проекциях, а для них характерно касание цилиндра по линии экватора. Следовательно, на экваторе и будут главные масштабы для наших карт. Нетрудно догадаться, что в данном случае все карты имеют один и тот же главный масштаб, так как промежутки между двадцатиградусными меридианами везде равны и составляют 3 мм. Можно определить и величину главного масштаба. Известно, что дуга экватора в 10° на земном шаре равна 1113 км. Этому расстоянию соответствует на карте отрезок, равный 0,3 см. Значит, в одном сантиметре карты содержится примерно 3700 км (1113 : 0,3), и численный масштаб составляет 1 : 370 000 000.

Кроме главного масштаба каждая карта имеет частные масштабы. Их можно выражать в обычном виде или в долях от главного масштаба, например 0,9, 1,1 и т. п.

На карте в квадратной проекции (см. рис. 13, *б*) частный масштаб по всем меридианам на всем их протяжении одинаковый и равен главному. На карте в равноугольной проекции (см. рис. 13, *а*) он постепенно увеличивается от экватора к полюсу, а на карте в равновеликой проекции (см. рис. 13, *в*), наоборот, уменьшается. Частный масштаб по параллелям на всех трех картах по мере приближения к полюсу резко возрастает, а на самом полюсе им бессмысленно пользоваться, ибо точка, обозначающая полюс, «растянулась» на всю ширину земной поверхности.

ТАБЛИЦА 1
ДЛИНЫ ДУГ ПАРАЛЛЕЛЕЙ НА РАЗНЫХ ШИРОТАХ

Широта, градусы	Длина дуги параллели в 5° (10°), км	Широта, градусы	Длина дуги параллели в 5° (10°), км
0	557 (1113)	45	394 (788)
5	555 (1109)	50	358 (717)
10	548 (1096)	55	320 (640)
15	538 (1076)	60	279 (558)
20	523 (1046)	65	236 (472)
25	505 (1010)	70	191 (382)
30	482 (965)	75	145 (289)
35	456 (913)	80	97 (194)
40	427 (854)	85	49 (97)

Определим частные масштабы для наших карт по 60-й параллели. Чтобы решить такую задачу, нужно знать длины дуг параллелей на разных широтах. Значения их в 5 и 10° (в скобках) приведены в табл. 1.

Частный масштаб по 60-й параллели на всех трех картах будет один и тот же, ибо отрезки параллелей, заключенные между меридианами, равны и соответствуют так же, как и по экватору, 0,3 см. Возьмем из таблицы значение длины дуги параллели в 10° на широте 60° и, разделив ее на 0,3, получим именованный масштаб или, как еще говорят, величину масштаба, равную 1860 км в 1 см (558 : 0,3). Частный масштаб, выраженный в долях к главному, будет составлять примерно 2,0 (3700 : 1860).

Таким путем частный масштаб можно определить лишь в том случае, когда он остается постоянным по данному направлению. Если же масштаб изменяется, то у нас получится средняя его величина. Например, на карте в равноугольной проекции (см. рис. 13, *а*) на каждом бесконечно малом отрезке меридиана будет свой частный масштаб. Понятно, что практически пользоваться им нельзя. Но можно сопоставить отрезки по меридиану между какими-то параллелями. Например, отрезок между 60 и 70-й параллелями в два раза больше, чем у экватора. Значит, на этом отрезке средний масштаб крупнее главного в два раза.

В картографической практике не принят термин «средний масштаб», и на всех картах подписывают только главный масштаб. Для тех, кто пользуется картой, главный масштаб не всегда понятен, так как часто не

выражает общей масштабности изображения. Обратимся к рис. 18, на котором показано полушарие в трех различных проекциях: равноугольной (стереографической), равновеликой и произвольной (ортографической). Все три проекции азимутальные экваториальные, так как картографическая сетка во всех случаях перенесена на плоскость, касательную в точке экватора. Эта точка *А* называется точкой нулевых искажений, и для нее указывают и подписывают на карте главный масштаб. Несмотря на различные размеры полушарий, главный масштаб всех трех проекций получился одинаковым. В этом нетрудно убедиться. Возьмем клетку картографической сетки, расположенную в районе точки *А*. В первом приближении она имеет форму трапеции, и размеры ее во всех проекциях примерно одинаковы. Измерим основания трапеций, т. е. отрезки экватора, ограниченные ближайшими к точке *А* меридианами. Они получаются равными 0,6 см. Расстояние по экватору, соответствующее этому отрезку, т. е. дуге в 20°, составляет 2220 км. Значит, масштаб в центральной части каждой проекции, соответствующий примерно главному масштабу, будет равен 1 : 370 000 000 (в 1 см 370 км). Такой масштаб и был бы подписан на всех трех картах, несмотря на разные размеры полушарий. Это удобно картографам, так как главный масштаб математически обоснован и они используют его как основу для расчета и составления проекций. Для нас же более наглядным и практичным был бы средний масштаб по каким-либо линиям или направлениям. В данном случае средний масштаб по экватору для стереографической проекции равен 1 : 286 000 000, а для ортографической — 1 : 572 000 000 (в два раза мельче).

На картах обычно дается не только численный, но и линейный масштаб в виде графической шкалы. Понятно, что для карты определенного масштаба строят соответствующую шкалу. Но можно построить и один график для карт разных масштабов.

Проведем две взаимно перпендикулярные линии и отложим по вертикальной оси вверх отрезок *ВС*, равный 10 см, а по горизонтальной оси влево — отрезок *ВА*, равный 2,5 см (рис. 19). Этот последний отрезок будем считать основанием линейного масштаба для карты 1 : 20 000 000. В этом масштабе он будет соответствовать 500 км. Чтобы найти расстояние *СЕ*, от

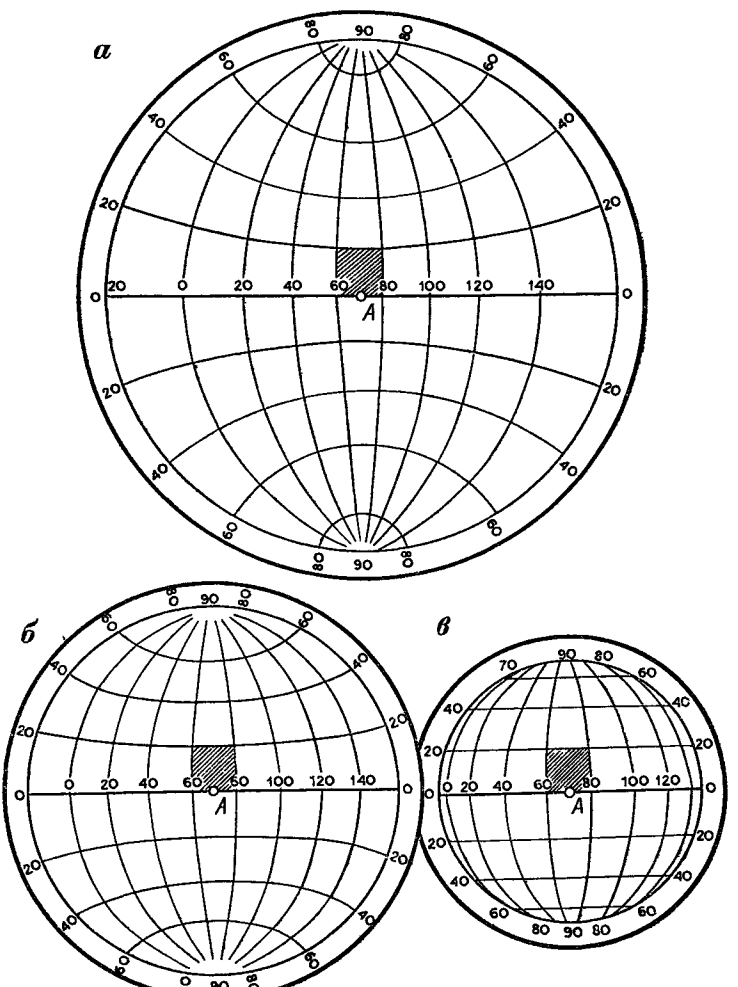


Рис. 18. Картографическая сетка полушария в трех проекциях: *а* — равноугольной; *б* — равновеликой; *в* — произвольной

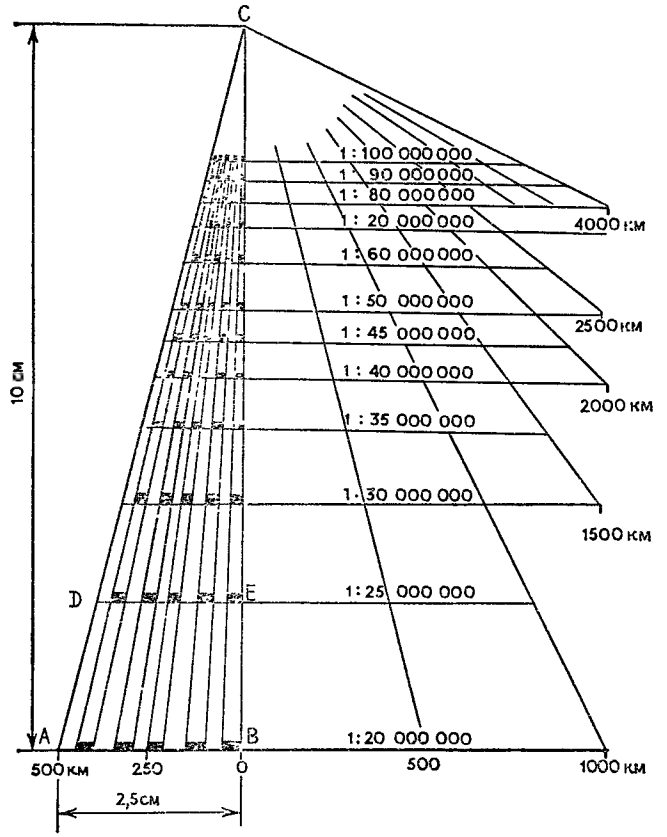


Рис. 19. Универсальный масштаб

которого нужно отложить основание следующего масштаба (1 : 25 000 000), пользуются соотношением, полученным из подобия треугольников ABC и ADE:

$$\frac{CB}{CE} = \frac{AB}{DE}; \quad CE = \frac{CB \cdot DE}{AB} = \frac{10DE}{2{,}5} = 4DE.$$

Величина DE — основание линейного масштаба — для карты 1 : 25 000 000 соответственно будет равна 2 см (500 км : 25 000 000), значит $CE = 8$ см. Так же рассчитывают расстояния от точки C до линий, где будут строиться основания линейных масштабов других карт.

Построенный график можно использовать не только

для измерения расстояний по картам разных масштабов, но и для определения среднего масштаба по любому меридиану и любой параллели. Масштаб карты по меридиану определяют в следующем порядке. Раствор циркуля-измерителя, соответствующий отрезку меридиана с разностью широт 5 или 10°, будем вести по нашему масштабу вдоль наклонных линий до тех пор, пока он не уложится в расстояние 555 км для 5° или расстояние 1110 км для 10° на какой-либо горизонтальной линии. Масштаб, подписанный над этой линией, будет соответствовать среднему масштабу карты по данному меридиану. Например, отрезок *MN*, снятый с карты по меридиану с разностью широт 10°, уложился в расстояние 1110 км по линии масштаба 1 : 40 000 000. Таков и будет средний масштаб карты в данном направлении.

Чтобы определить масштаб карты по параллели, нужно вначале найти по приведенной выше таблице длину дуги параллели в 5 или 10° на определенной широте, а затем порядок действий будет тот же, что и при определении масштаба карты по меридиану.

МЫ САМИ СОСТАВЛЯЕМ КАРТЫ

Перед вами глобус. Как по нему составить карту какого-либо материка, допустим, Африки? Прежде всего выберем проекцию и построим соответствующую ей картографическую сетку в определенном масштабе. Возьмем наиболее простую проекцию — квадратную. На листе бумаги проведем две взаимно перпендикулярные линии. Вертикальную линию будем считать нулевым меридианом, а горизонтальную — экватором. Через равные интервалы проведем параллельные им линии, образующие квадраты. Стороны квадратов, т. е. расстояния между параллельными линиями, зависят от оцифровки параллелей и меридианов и масштаба карты. Предположим, мы хотим составить карту в масштабе 1 : 50 000 000 (по экватору и меридианам) с густотой картографической сетки 10°. В таком случае сторона квадрата составит 2,22 см (1110 км : 50 000 000).

Пользуясь вычерченной сеткой параллелей и меридианов, перенесем с глобуса по соответствующим клеткам контур береговой линии африканского материка.

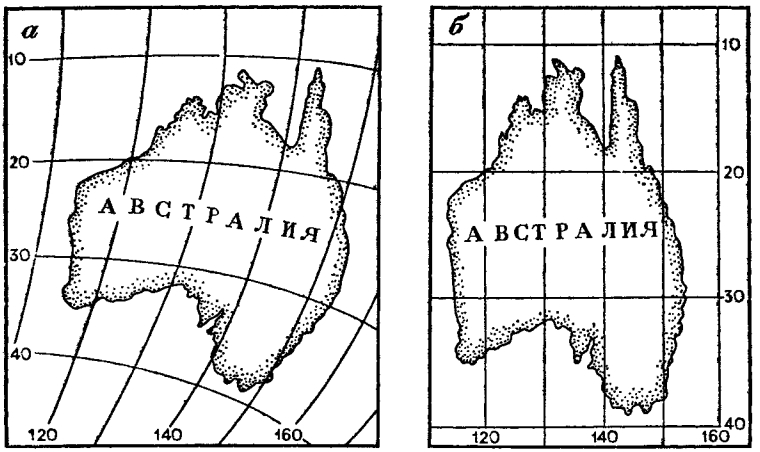


Рис. 20. Изображение Австралии на карте полушария (*а*) и на карте в цилиндрической проекции (*б*)

В пределах каждой клетки рисунок переносится на глаз. Чтобы береговая линия не была ломаной, нужно вначале наметить точки ее пересечения со сторонами клетки, а затем их соединять, учитывая общий изгиб линии.

По картографической сетке можно проверить правильность перенесения береговой линии на карту путем сличения координат соответствующих точек. Так, координаты крайних точек Африки следующие: северной — мыс Эль-Абьяд (37° с. ш., 10° в. д.); южной — мыс Игольный (35° ю. ш., 20° в. д.); западной — мыс Альмади (18° з. д., 15° с. ш.); восточной — мыс Хафун (51° в. д., 10° с. ш.)

Составим еще одну карту — карту Австралии в цилиндрической проекции, но за основу возьмем не глобус, а карту восточного полушария (рис 20, *а*). Картографическая сетка для нашей карты будет прямоугольной с соотношением сторон клеток 1 : 2, например, отрезок меридиана в 10° широты будет соответствовать 2 см, а параллели в 10° широты — 1 см. Вычертим рамку карты, и у ее сторон подпишем широты и долготы у соответствующих параллелей и меридианов (рис. 20, *б*). Контур материка будем переносить более точно — по опорным пунктам. Для этого на исходной карте определим координаты точек пересечения береговой линии

ТАБЛИЦА 2
КООРДИНАТЫ ТОЧЕК ПЕРЕСЕЧЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ С МЕРИДИАНАМИ И ПАРАЛЛЕЛЯМИ

Участки берега	Координаты опорных пуиктов, градус		Направление береговой линии
	Долгота (восточная)	Широта (южная)	
Североиый	120	20	ВСВ
Южный	120	34	СВ
Северный	130	14	С
Южный	130	31,5	В
Северный	140	17	ЮВ
Южный	140	37	ЮВ
Северный	150	22	ЮЮВ
Южный	150	38	ССВ

с меридианами или параллелями и направление береговой линии в этих точках (табл. 2).

По координатам нанесем на картографическую сетку опорные пункты и от них на глаз перенесем береговую линию со всеми ее изгибами. Опорные пункты дают возможность более точно перенести с исходной карты контур материка на карту, составляемую в другой проекции.

Сравните очертания Австралии в обеих проекциях. Если в первой проекции (см. рис. 20, *а*) общий вид материка примерно соответствует действительной конфигурации, то во второй проекции (рис. 20, *б*) изображение получилось сжатым по долготе и вытянутым по широте. И тем не менее в обеих проекциях очертание береговой линии со всеми ее подробностями остается постоянным и географические координаты каждого ее изгиба будут одинаковыми.

Приведем еще пример преобразования одной картографической проекции в другую. Исходной картой будет карта СССР в конической проекции (рис. 21, *а*), а по ней нам нужно соетавить такую же карту, но в цилиндрической проекции (рис. 21, *б*). Здесь по сути дела задача сводится к тому, чтобы растянуть дуги параллелей в прямые линии. А практически решается она так. Нанесем параллельно друг другу три прямые линии, которые обозначают параллели 40, 60 и 80°. Расстояния

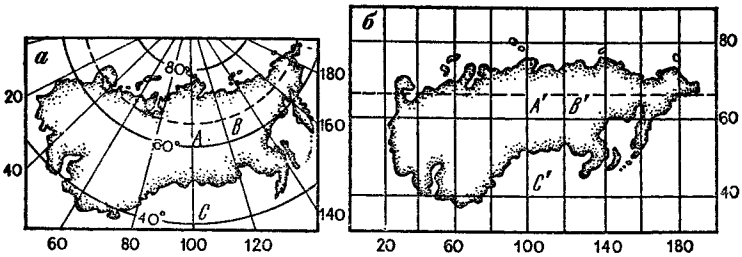


Рис. 21. Карта СССР в конической (*а*) и цилиндрической (*б*) проекциях

между ними равны соответствующим расстояниям на исходной карте ($A'C'=AC$). На параллели 60° отложим отрезки между меридианами ($A'B'=AB$) и от точек отложения проведем линии, перпендикулярные к параллелям. Они будут меридианами. На построенную картографическую сетку перенесем по клеткам сухопутные и морские границы страны. Можно уточнить их положение путем отложения одинаковых расстояний по меридианам от 60-й параллели.

Обратите внимание на конфигурацию изображений в той и другой проекции: какие они разные! Взять, например, общее направление побережья Северного Ледовитого океана. На первой карте оно имеет вогнутый вид, а на второй — получилось выпуклым.

Картографы могут предложить множество проекций, причем каждая из них будет удовлетворять заданным условиям. Попытаемся и мы решить такую задачу. Допустим, нам потребовалась проекция карты, которая имела бы одинаковый масштаб по экватору и по всем меридианам, но в отличие от цилиндрической квадратной проекции, где это условие соблюдается, географические полюса в нашей проекции должны изображаться точками.

Для построения картографической сетки в данной проекции проведем линию экватора и отложим на ней равные отрезки, соответствующие определенному числу градусов долготы, например 30° (рис. 22). Через середину линии экватора восставим перпендикуляр и отложим на нем вверх и вниз по три таких же отрезка, как и на экваторе. Вершины перпендикуляров соединим прямыми линиями со всеми точками деления на экваторе. По-

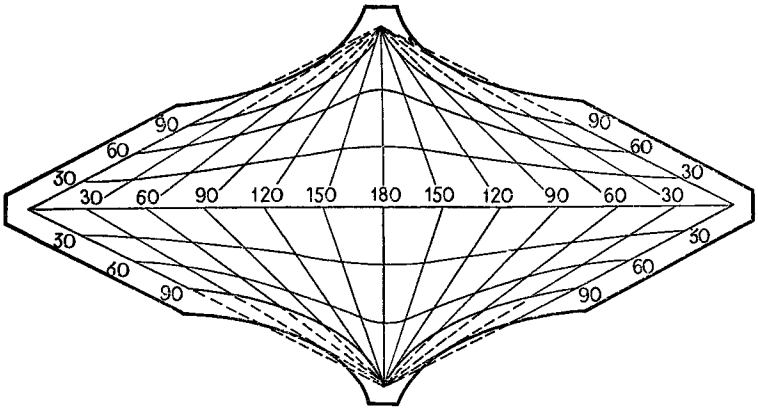


Рис. 22. Проекция, в которой сохраняется одинаковый масштаб по экватору и всем меридианам

лучились меридианы. Согласно условию задачи, масштаб по экватору и меридианам должен быть одним и тем же. Чтобы выполнить это условие, отложим на меридианах по три отрезка, равных отрезкам на экваторе и меридианах. Соответствующие точки на перпендикуляре и наклонных линиях соединим плавными линиями. Эти линии будут параллелями, построенными через 30° по широте. Таким образом, у нас получилась картографическая сетка, удовлетворяющая тем же условиям, что и сетка в квадратной проекции, а в вершинах меридианов находятся географические полюса.

В кратком историческом очерке создания карт вы познакомились с картографическими изображениями, построенными исключительно условно. Это арабские карты. Конфигурация материков и морей передается на них в виде геометрических фигур: окружностей, квадратов, треугольников и др. Составим и мы такую «карту» и попытаемся установить, не заложены ли в них какие-либо основы картографического проектирования.

На рис. 23, *а* изображена карта острова Калимантан. Разделим береговую линию острова точками A B C и D на четыре равных части и, спрямив их, построим квадрат $A'B'C'D'$ (рис. 23, *б*). Понятно, что периметр квадрата будет равен всей длине береговой линии. Перенесем прибрежные населенные пункты на стороны квад-

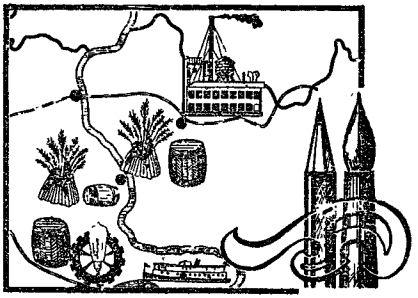
Рис. 23. Карта острова Калимантан (*а*) и составленная по ней карта в виде квадрата (*б*)

рата. Для этого разделим каждый участок береговой линии и стороны квадрата на одно и то же число равных интервалов. В нашем примере участок побережья AB и сторона квадрата $A'B'$ разделены на 10 частей. Пользуясь идентичной шкалой равных отрезков, нанесем на нашу «квадратную карту» населенные пункты и подпишем их названия.

Составленная нами карта необычна для восприятия, но ею с успехом можно пользоваться при плавании, когда корабли курсируют между прибрежными населенными пунктами, не удаляясь далеко от берега. Она имеет даже некоторые преимущества перед обычной: по ней значительно легче и быстрее можно определить расстояние между любыми пунктами, расположенными на побережье. На такую карту можно нанести для любой

стороны квадрата и картографическую сетку. Нанесем ее, например, для стороны $A'B'$. Крайние параллели пройдут от точек A' и B' на расстояниях, измеренных по карте от точек A и B, а средняя параллель пройдет между идентичными штрихами. Линии меридианов изогнутся в зависимости от конфигурации береговой линии. Наносятся они путем откладывания расстояний по параллелям от точек A' и B' и каждого штриха. Эти расстояния соответствуют расстояниям, измеренным на карте от соответствующих точек и штрихов до меридианов. Отложенные точки соединяются плавными кривыми. Координаты населенного пункта Баликпапан, определенные по нашей «карте», составят 1° ю. ш. и 117° в. д., т. е. получились такими же, как и снятые с обычной карты.

Построенная картографическая сетка для стороны AB позволяет определить не только координаты прибрежных объектов. Перенеся линию меридиана к какой-либо точке на берегу, можно измерить угол от северного конца меридиана до направления береговой линии. Этот угол называется азимутом; им пользуются при вождении кораблей с помощью компаса. Так что наша карта имеет ряд картографических признаков, которые дают возможность пользоваться ею для практических целей. Вероятно, подобные признаки были заложены и в арабских картах. Частично раскрыть тайны этих карт удалось польскому ученому Иохиму Лелевелю, жившему в первой половине XIX в. По старым арабским рукописям и таблицам он расшифровал карту мира и представил ее в виде обычной карты, доступной современникам.



ЧТО И КАК ИЗОБРАЖАЮТ НА КАРТАХ

КАКИЕ БЫВАЮТ КАРТЫ

В повести А. Гайдара «Дым в лесу» есть такой эпизод. Герой, от имени которого ведется рассказ, случайно попал на место аварии самолета. Летчик Федосеев был ранен и нуждался в помощи.

«— Послушай, — спросил он, — ты карту знаешь?

— Знаю, — ответил я, — Москва, Ленинград, Минск, Киев, Тифлис...

— Эх ты, хватил в каком масштабе! Ты бы еще начал: Европа, Америка, Африка, Азия. Я тебя спрашиваю: если я тебе по карте начерчу дорогу, ты разберешься?

Я замялся:

— Не знаю, Василий Семенович. У нас это по географии проходили, да я что-то плохо...

— Эх, голова! То-то, плохо...»

Нетрудно догадаться, что речь идет о картах, имеющих разное назначение. Летчик Федосеев, задавая вопрос герою повести, имел в виду топографическую карту. Что же представляет собой топографическая карта и чем она отличается от других? Основное отличие — в масштабе. Условно принято к топографическим относить карты масштабов 1 : 200 000 и крупнее. Карты масштабов от 1 : 200 000 до 1 : 1 000 000 относят к обзорно-топографическим, а более мелкого масштаба — к обзорным.

Но было бы неправильным проводить строгое разграничение между крупномасштабными и мелкомасштабными картами, называя первые топографическими, а вторые географическими. По сути дела всякая карта, на которой отображается земная поверхность, будет

географической, а топографическая карта представляет собой более детальный образец географической.

Вообще говоря, понятия о крупном и мелком масштабах условны. Топограф может считать масштаб 1 : 100 000 (в 1 см 1 км) мелким, а в картографических библиотеках даже такой масштаб, как 1 : 1 000 000 (в 1 см 10 км), называют крупным. Поэтому и выделение топографических карт из географических по масштабному признаку является весьма условным. Более правильно раскрывает понятие топографической карты ее содержание и назначение.

Топографические карты представляют собой подробное и точное изображение местности. На них неровности земной поверхности и все местные предметы изображают настолько детально, что можно представить действительную местность со всеми ее подробностями. Они могут быть использованы в качестве путеводителя, а также для изучения местности и решения различных инженерных задач.

В соответствии с таким определением к топографическим картам можно отнести и карту масштаба 1 : 500 000 на необжитую местность или на районы с однообразным ландшафтом. По такой карте, так же как и по картам более крупных масштабов, можно изучать местность, успешно ориентироваться на ней и решать некоторые задачи.

С масштабом связано деление карт по охвату территории. Одни из них открывают взору всю нашу планету, другие детально воспроизводят отдельные ее части. По этому признаку выделяют карты мира и полушарий, карты материков и стран, карты областей, районов и сравнительно небольших участков местности. Карты мира и полушарий имеют наиболее мелкий масштаб. Земная поверхность на них изображается обобщенно и схематично, с большими искажениями очертаний материков и их размеров. Поэтому они непригодны для точных измерений. Их используют для изучения взаимного положения материков, океанов и морей, расположения стран, крупных городов, рек и гор. Более подробно большие территории можно изучать по картам материков и отдельных стран. Масштабы этих карт крупнее, и географические объекты на них изображают детальнее, чем на картах мира. Кроме того, они имеют меньшие искажения, и их можно использовать для приближенных

измерений расстояний, площадей и углов. Наиболее детально земная поверхность изображается на топографических картах. Их составляют отдельными листами, на каждом из которых отображают сравнительно небольшую территорию. Топографическая карта — почти то же, что и план местности. По ней можно определить размеры географических объектов и точно измерить расстояния между различными пунктами. Чем же в таком случае отличается топографическая карта от плана местности?

Обычно считают, что масштаб плана крупнее 1 : 10 000, и поэтому на нем в отличие от любой карты нет искажений из-за кривизны Земли. Так ли это? Ответ мы можем получить в результате несложных расчетов. Подсчитаем размеры земной дуги и хорды AB, стягиваемых углом в 1°, считая средний радиус Земли равным 6370 км:

$$\overset{\frown}{AB} = \frac{2\pi R}{360} = \frac{2 \cdot 3{,}14159 \cdot 6370}{360} = 111{,}178 \text{ км};$$

$$\overline{AB} = 2R \sin 30' = 2 \cdot 6370 \cdot 0{,}0087265 = 111{,}176 \text{ км}.$$

Как видите, разница между дугой и хордой получается всего 2 м. Размер 111 км соответствует стороне листа карты масштаба 1 : 200 000, да и то только на экваторе. В этом масштабе 2 м соответствуют всего 0,01 мм, что совсем незаметно на глаз. Значит, на всем листе карты практически не будет никаких искажений из-за кривизны Земли.

Если масштаб карты крупнее, например 1 : 100 000, то размеры листа по широте и долготе в два раза меньше. Разница между дугой и хордой также в два раза меньше, но в масштабе 1 : 100 000 составляет ту же величину, что и для карты масштаба 1 : 200 000, т. е. 0,01 мм.

Путем таких несложных расчетов мы пришли к следующему практическому выводу. На каждом листе топографической карты любого масштаба искажения при переходе от сферической поверхности Земли к плоскости незначительны и все измерения на них можно производить так же, как и на планах. Планы по существу являются разновидностью топографических карт и отличаются от них тем, что издаются отдельными листами и имеют некоторые особенности в оформлении и содержании. Чаще всего планы создают на какие-либо отдель-

ные объекты местности: населенные пункты, строительные участки и т. п.

По своему содержанию карты бывают самые разнообразные. На общегеографических показывают все основные объекты местности как естественные (рельеф, воды, растительность), так и созданные человеком (населенные пункты, дороги). Но на одной карте невозможно отразить все явления природы и результаты деятельности человека. Поэтому на одну и ту же территорию имеется большое количество различных карт, которые получили названия *тематических.* Так их называют потому, что на них отображают определенные сведения, например, исторические события или этапы развития человеческого общества, данные, характеризующие население и населенность, экономику и сельское хозяйство, растительность и животный мир.

Многообразие местных предметов не позволяет показывать их на карте все и во всех подробностях. Поэтому их всегда изображают в обобщенном виде. Это относится также к рельефу и к специальной нагрузке, которая дается на тематических картах. Обобщение географических объектов при изображении их на бумаге является обязательным и неотъемлемым признаком карты. И чем мельче масштаб карты, тем больше приходится исключать второстепенные объекты и обобщать детали. Здесь уместно вспомнить известные строки М. Ю. Лермонтова:

«Тамбов на карте генеральной
Кружком означен не всегда».

Обобщение или, как говорят картографы, генерализация имеет целью упростить карту путем подчеркивания главного и отбрасывания второстепенного. Необходимость обобщения можно легко уяснить из сравнения аэрофотоснимка и карты одного и того же масштаба. На снимке прежде всего бросается в глаза обилие темных и светлых посевных полей. На общем фоне полей населенные пункты выделяются слабо, а железные дороги менее заметны, чем полевые. Броды, пруды, родники, линии связи и другие подобные объекты различить на аэрофотоснимке трудно, а иногда просто невозможно. На карте же поля не показывают, зато резко выделяют наиболее важные географические объекты, — это прежде всего населенные пункты, железные и автомобильные дороги, реки, озера и др.

Степень обобщения зависит не только от масштаба карты, но и от ее назначения. Характерным примером обобщений служит школьная физическая карта, на которой контрастно изображенный рельеф гор и преувеличенно широкие ленты немногих рек очень наглядно выделяются на фоне зеленых пятен низменностей, а вся суша — на фоне сине-голубых морей и океанов.

Научно обоснованный отбор содержания географических карт был разработан М. В. Ломоносовым. Учитывая важность картографической генерализации, он предупреждал, «чтоб на карте не назначать малого и не пропустить большого места».

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Условные обозначения, как и карты, для которых они предназначены, прошли длительный путь развития. Изображения местных предметов на картах ранних эпох имели картинный характер. Каждый предмет передавался рисунком, понятным без каких-либо пояснений. Города, горы, леса, крепости изображались в перспективе так, как они наблюдались бы в натуре. Реки, озера, дороги показывались в горизонтальной проекции.

Перспективный рисунок знаков населенных пунктов, гор и лесов был вполне закономерен на старинных картах. Эти карты в большинстве случаев составлялись по описаниям, изредка в основу брали материалы простейших измерений, например маршрутных съемок, производимых при помощи компаса и мерного колеса. Точно нанести на карту объекты местности не представлялось возможным, правда, тогда в этом не было особой необходимости. Зато картинный рисунок карты был понятен без особых пояснений и делал ее содержание более доступным. В этом легко убедиться, взглянув на рис. 24, где даны примеры изображения населенных пунктов. Обратите внимание, как наглядно и своеобразно каждое изображение. Глядя на карту с такими знаками, мы можем не только опознать на ней населенные пункты, но и дать каждому из них довольно объективную характеристику.

Доступность, простота и наглядность — вот неоспоримые достоинства картинного способа показа местности на картах. И в тех случаях, когда от карты не тре-

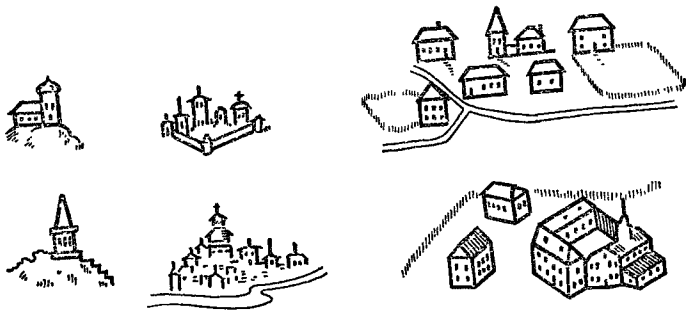


Рис. 24. Изображения населенных пунктов на старинных картах

буется высокая точность, перспективные рисунки находят применение и в настоящее время. Почти на всех туристских картах можно встретить картинное изображение населенных пунктов, лесов, памятников и других объектов. Особенно выигрывают в изобразительном отношении планы городов или туристские карты, если на них характерные объекты или исторические памятники показаны рисунками, напоминающими их внешний вид.

В настоящее время от карт требуется достоверность и ясность. Достоверность достигается приемами съемки и составления карты, а ясность — удачным выбором условных знаков. Конечно, и теперь очень многое зависит от художественного вкуса исполнителя, но в меньшей степени, чем прежде. Только благодаря разработке простых, изящных условных знаков в настоящее время издаются превосходные карты обширных пространств.

Условные знаки для общегеографических обзорных карт очень просты, и их может без особого труда прочитать каждый грамотный человек. Их обычно подразделяют на площадные, линейные и внемасштабные.

Площадные условные знаки применяют для изображения материков и отдельных стран, океанов, морей, озер, лесов. Они хорошо выделяются на карте. Например, условный знак озера представляет собой замкнутый контур соответствующей формы, закрашенный голубой краской. Площадные знаки позволяют узнать форму территории, занимаемой объектом, и измерить ее площадь.

Линейными знаками изображают на карте реки, дороги и т. п. По линейному знаку можно определить толь-

ко длину объекта, но не ширину, так как последняя сильно преувеличена. Степень увеличения зависит от масштаба карты: чем меньше масштаб, тем больше увеличение.

Внемасштабными условными знаками на обзорных картах обозначают сравнительно небольшие географические объекты, например города. По внемасштабному знаку можно определить только место расположения объекта, а его размеры и, следовательно, площадь намного преувеличены. Допустим, на карте масштаба 1 : 50 000 000 город показан кружком диаметром 3 мм. Этому размеру соответствует на местности расстояние 150 км. Конечно, ни один город мира не занимает такого большого пространства. Очевидно, что в зависимости от масштаба карты один и тот же объект изображают или внемасштабным, или площадным знаком.

Размеры условных знаков определяются назначением карты. На стенных картах они крупные, а на картах, помещенных в атласах, — мелкие.

На топографических картах условные знаки более разнообразны, так как они подробнее передают действительную картину местности. Большая часть топографических условных знаков по своему начертанию напоминает внешний вид изображаемых местных предметов, что позволяет сравнительно свободно их запомнить.

ТРЕТЬЕ ИЗМЕРЕНИЕ

Из всех элементов местности рельефу принадлежит главная роль, так как он в значительной мере определяет характер всех остальных элементов. Рельеф оказывает влияние на климат, водный режим, распределение растительности и т. д. Без знания его невозможно понять взаимосвязь между отдельными элементами ландшафта и, следовательно, невозможно рациональное использование их человеком. Рельеф труднее всего изобразить на карте. Трудность заключается в том, что необходимо показать его пространственные формы на плоской поверхности карты.

Плоскость, как известно, имеет только два измерения: длину и ширину, что позволяет изображать плановые очертания объектов. Третье же измерение — высота, являющаяся характерным элементом рельефа, не укладывается на плоскость. В отличие от других элементов

местности рельеф имеет неповторимое разнообразие объемных форм. Это обстоятельство также усложняет передачу его на плоскости.

Наиболее наглядно он может быть выражен на рельефных картах. Их изготавливают в настоящее время из белого пластика, на котором рельеф выдавлен по изготовленной форме под специальным прессом. Такие карты часто используют на выставках. Они наглядно передают местность и широко применяются в процессе обучения.

Для изображения рельефа на карте нужно было разработать особые способы с тем, чтобы она давала трехмерное представление о местности, позволяла не только производить измерения в горизонтальной плоскости, но и определять положение различных точек местности по высоте. Следует учесть и еще одно условие: рельеф не должен заслонять собой другие элементы карты.

На протяжении нескольких столетий было предложено и практически испытано много различных способов показа рельефа на картах. Первые изображения представляли собой примитивные рисунки гор. Горы изображались схематически: или в виде бугров, зубцов, или в виде пятен, или же отдельными рисунками. Такой прием изображения рельефа был широко распространен в XV—XVIII вв.

В конце XVIII в. был разработан способ штрихового изображения рельефа, который основан на следующем явлении. При вертикальном падении света наклонная поверхность освещается слабее горизонтальной. Если считать, что белые промежутки между штрихами соответствуют количеству света, а толщина штрихов — потере света на склоне, то такие штрихи могут естественно выражать рельеф. Чем круче скат, тем толще штрихи и меньше расстояния между ними.

Штрихи отображают все неровности местности: холмы и лощины, хребты и овраги, подъемы и спуски. Чем ровнее поверхность земли, тем тоньше и тем дальше друг от друга наносят изображающие ее штрихи. И наоборот, как только появляется уклон, штрихи теснятся ближе и чертятся гуще. Штрихи очень наглядно передают рельеф местности на карте. Стоит только немного прищурить глаза, и становятся видны выпуклости рельефа.

Картографическая штриховка — это результат большого и кропотливого труда чертежника высокой худо-

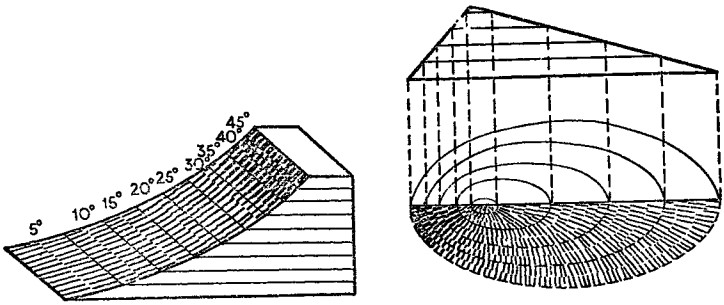


Рис. 25. Штриховой способ изображения рельефа

жественной техники. В этом легко убедиться, рассматривая рис. 25. Многие штриховые карты остаются до сих пор непревзойденными образцами картографического искусства. Они дают выразительное и наглядное представление о формах земной поверхности и позволяют оценивать крутизну скатов. Сами штрихи не указывают, в каком направлении идет подъем или спуск, но это легко определяется по расположению оврагов, речной сети и высотным отметкам.

Штриховой способ изображения рельефа имеет и ряд недостатков. Он не позволяет судить о высотах точек земной поверхности, так как подписанных отметок явно недостает для определения высоты любой точки. Кроме того, штрихи закрывают другие элементы карты, а сам способ очень трудоемок.

Для наглядного представления результатов каких-либо многолетних наблюдений в XVIII в. стали применять на картах так называемые *изолинии*. Сперва получили большое распространение *изогоны* — линии одинаковых магнитных склонений, *изотермы* — линии равных температур и *изобары* — линии равных давлений атмосферы. Подобная система оказалась пригодной для изображения рельефа. *Изогипсы* — линии равных высот — имеют явное преимущество перед штрихами. Этим способом математически точно передаются плановое очертание и высоты отдельных форм рельефа.

В качестве самостоятельного способа изогипсы (горизонтали) начали применять одновременно во Франции и в России в середине прошлого столетия. Но упоминание о них появилось еще в конце XVIII в. Горизон-

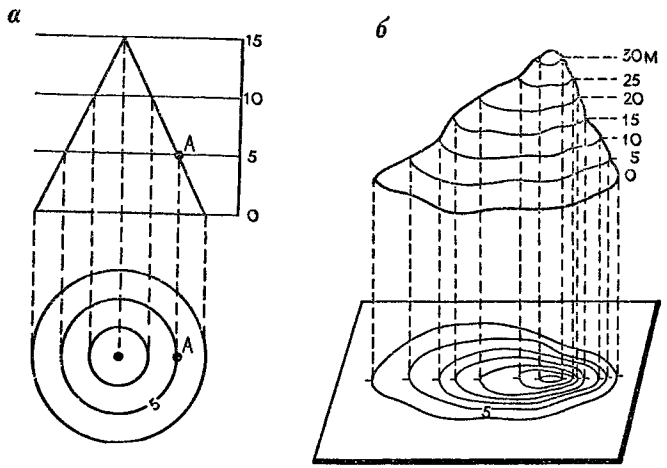


Рис. 26. Изображение горизонталями конуса (*а*) и холма (*б*)

тали были известны и одному из создателей шкалы штрихов — русскому ученому А. П. Болотову, который в своих трудах разбирает этот способ изображения рельефа. Сущность его можно легко усвоить по чертежу, на котором показан конус, рассеченный горизонтальными плоскостями через одинаковые интервалы, например через 5 м (рис. 26, *а*). Проекции линий сечения на плоскость представляют концентрические окружности с равными расстояниями между ними. Это и есть горизонтали, которые позволяют определить не только вид конуса, но и высоту любой точки его поверхности. Например, высота точки *А* над основанием конуса равна 5 м.

А теперь обратимся к рис. 26, *б*, на котором изображен холм, также рассеченный горизонтальными плоскостями. Вид холма сверху представляет ряд кривых замкнутых линий, каждая из которых обозначает определенную высоту над начальной плоскостью. Здесь горизонтали отображают не только форму и высоту холма, но и крутизну склонов. Чем круче склон, тем меньше расстояние между горизонталями. Еще одна особенность. Если горизонтали сближаются от вершины к подошве, то они указывают на выпуклый склон, а если расширяются, то характеризуют вогнутую поверхность.

На топографических картах горизонтали проводят через определенные интервалы, которые называются вы-

сотой сечения рельефа. Величина высоты сечения зависит от масштаба карты: чем мельче масштаб, тем больше высота сечения.

На обзорных общегеографических картах горизонтали называют изогипсами, и их проводят не через равные промежутки по высоте, а в соответствии со специальной шкалой. Как правило, с увеличением абсолютных высот увеличивается высотный интервал следующего слоя. Например, изогипсы проводят на следующих высотах от уровня моря: 100, 200, 500, 1000, 2000, 3000 и 5000 м и более. Пространства между изогипсами покрывают послойной окраской. Возвышенные места принято окрашивать на карте коричневой краской различных тонов по принципу: чем выше, тем темнее. Равнинные и низменные места обычно закрашивают зеленой краской в обратном порядке: чем ниже, тем темнее. Этот так называемый гипсометрический способ изображения рельефа позволяет определить степень его пересеченности и высоты различных районов.

Неровности дна озер, морей и океанов, так же как и неровности суши, изображают послойной окраской, но оттенками синего цвета. Слои ограничены линиями синего цвета, которые соединяют точки с одинаковыми глубинами. Такие линии в отличии от изогипс называют *изобатами*. Дополнительно в некоторых местах подписаны глубины. Обычно под нижней рамкой вместе со шкалой высот помещают шкалу глубин, пользуясь которой, можно на глаз определить глубину моря в любом месте.

В качестве вспомогательного способа изображения рельефа применяют отмывку, или тушевку. При отмывке (тушевке), так же как и при штриховке, более крутые склоны покрывают густой тенью, и чем положе склон, тем тень светлее. Отмывка проводится с таким условием, чтобы тени от возвышенных форм рельефа падали с северо-запада на юго-восток. Переход от густой тени к более светлой постепенный, в результате чего изображение рельефа получается выразительным и пластическим.

СОБЫТИЯ И ЯВЛЕНИЯ НА КАРТАХ

Каких только карт вы не встретите! И что только на них не отображается! Трудно даже перечислить все разно-

образие так называемых тематических карт. Это экономические карты, политические, климатические, путей сообщения, плотности населения и многие другие. Каждый из основных видов включает множество различных карт. Например, среди климатических большую группу составляют карты, на которых отображают средние температуры и отклонения от них, характеристику ветров, атмосферное давление, туманы, облачность, грозы, количество осадков и т. д. Составляют также карты климатического районирования, на которых выделяют районы по особым показателям. Существуют и карты погоды. На них показывают направление ветра, атмосферные осадки, температуру воздуха, а также какая будет погода через определенный промежуток времени. Основой для них служит бланковая карта, которую печатают заблаговременно, а самые свежие сведения о погоде наносят например перед полетом. Эта карта живет очень мало, буквально часы.

Новые сведения придут с метеостанций, и по ним составят новую карту погоды.

С младших классов нам знакомы исторические карты — карты войн и империй, карты исторических событий. Без них невозможно представить себе территории древних государств или описать какой-либо военный поход. Еще труднее проследить маршруты географических экспедиций первопроходцев. Наглядность подобных карт очевидна.

В далеком прошлом, когда еще не были открыты многие земли, наши соотечественники отправлялись с торговыми караванами в дальние страны и часто первыми ступали на неизведанные земли. Возвращаясь, они рассказывали об этих землях, но подтвердить их местонахождение не могли. Карт тогда не было, а составить, хотя бы глазомерно маршрут своего пути они не умели. Понятно, что в таком случае они и не могли считаться первооткрывателями.

Карта — это обязательный свидетель любого географического открытия. Обычно все крупные путешественники были хорошими топографами и сами составляли маршрутные карты своих путешествий. Конечно, съемочные работы требовали очень много времени. Вот как об этом говорит крупный английский путешественник Г. Стэнли:

«Мои карты стоили мне гораздо больше труда, чем

все мои заметки, литературная обработка их, рисование и фотографические снимки, вместе взятые».

Чем детальнее и всестороннее изучается тот или иной район, тем больше составляется на него карт. К ним так или иначе обращается каждый исследователь природы, чтобы рассказать другим о своих наблюдениях и открытиях. Так рождаются геологические, почвенные и другие тематические карты. Раньше их создавали путем трудных и дорогих полевых работ, теперь широко применяют аэрометоды.

Для тематических карт разрабатывают особые системы условных знаков. Их, так же как и для общегеографических карт, можно подразделять на внемасштабные, линейные и площадные (масштабные). Внемасштабные условные знаки, или, как их обычно называют, значки, по своему внешнему виду весьма разнообразны — от простого кружка или квадратика до замысловатых рисунков. Рисунок их отражает характерный признак объекта, например, рисунок автомобиля обозначает автомобильный завод, рисунок домны — металлургический завод. Такие значки обычно применяют на пропагандистских и демонстрационных картах. Они оживляют карту и делают ее понятной даже без специальных объяснений. Фрагмент карты с художественными значками, обозначающими объекты строек первого пятилетнего плана, приведен на рис. 27.

Линейные знаки применяют на картах для отображения явлений и объектов, приуроченных в натуре к определенным линиям. На общегеографических картах линейные знаки широко используют для показа гидрографической и дорожной сети. На тематических картах их применяют гораздо шире. Линиями обозначают пути экспедиций, направления ветров, течений, грузопотоков, боевые действия войск и т. п.

Площадные знаки на тематических картах нередко применяют для выделения территорий по каким-либо признакам. Качественно различные территории, например отдельные страны на политической карте мира, закрашивают разными цветами, из-за чего данный способ иногда называют способом цветового фона. Однако сущность способа не изменится, если цветовую раскраску заменить штриховкой или индексами, и поэтому его более правильно следует называть способом качественного фона.

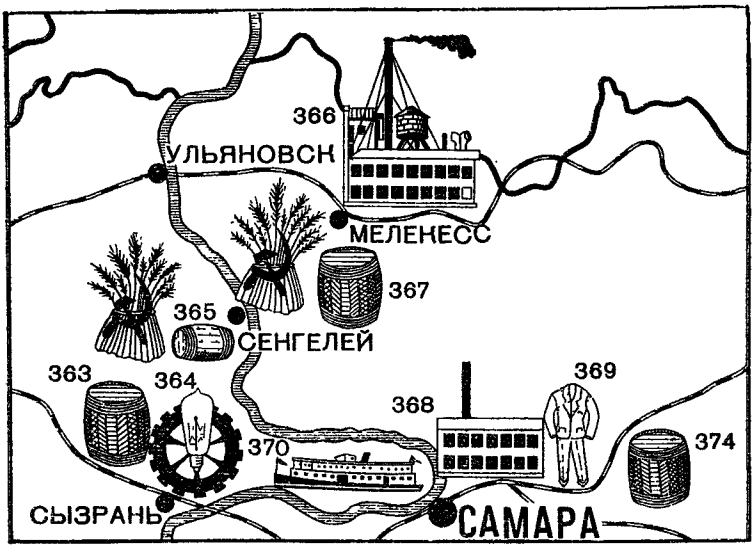


Рис. 27. Художественные значки на тематической карте

Кроме общепринятых способов показа условными знаками различных явлений на тематических картах существует много других. Познакомимся лишь с некоторыми из них.

Для обозначения явлений и объектов, которые занимают площадь, выражающуюся в масштабе карты, применяют способ ареалов или ограниченных площадей. Примерами могут служить угольные бассейны, районы производства какой-либо культуры. Соответствующие ареалы ограничивают на карте замкнутыми линиями, выделяют штриховкой или закраской, отмечают надписями или отдельными буквами, покрывают контурными значками или обозначают рисунками.

Особенности размещения объектов, имеющих повсеместное или ограниченное распространение с разной густотой, можно отобразить на карте расстановкой точек. Там, где отображаемые объекты имеют большую концентрацию, точки сгущают, а в противных случаях— разрежают. Величину показателя, который соответствует на карте одной точке, называют весом. При резких различиях в концентрациях объектов нередко используют точки двух и более размеров, каждый из которых

определяется соответствующим весом. Например, при показе точечным способом размещения населения можно применить для городов более крупные точки, вес которых будет в 10 раз больше, чем обычных точек.

Широкое распространение в картографии получили изолинии, которые подобно горизонталям соединяют на карте точки с одинаковыми значениями каких-либо показателей. Для повышения выразительности карты промежутки между изолиниями закрашивают или штрихуют с разной интенсивностью по мере возрастания отображаемого показателя. Раскраска может быть выполнена несколькими цветами, постепенно переходящими один в другой, например желтый — оранжевый — красный.

Нередко составители карт прибегают к таким способам картографического изображения отдельных явлений, как картограммы и картодиаграммы. Этими способами наглядно отображают различные соотношения тех или иных показателей. Здесь обязательно должны быть очерчены границы районов, в пределах которых и указывают величины того или иного явления. В каждом отдельном случае в зависимости от количественных показателей картографы разрабатывают специальную шкалу, с помощью которой данный фактор отображается наиболее наглядно.

Исследование космических фотоснимков привело к появлению новых тематических карт, которые практически невозможно получить другими методами. Так, впервые в истории науки были составлены глобальные карты облачного покрова и ледовой обстановки. Принципиально новую информацию космические снимки дали геологам. Они позволили заглянуть в глубь Земли и породили новый вид картографических произведений — так называемые космофотогеологические карты.

КАРТА — ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ

Во времена средневековья на картах пестрели аллегорические рисунки неведомых стран, были очерчены границы легендарных Счастливых островов, отмечены места, где обитают сказочные сирены и чудесные рыбы, крылатые псы и хищные грифы. Создатели этих карт руководствовались не наблюдениями путешественников, а черпали сведения у античных авторов, следуя их «географическим руководствам» в описании мира.

Но вот средневековые вымышленные чудеса постепенно рассеялись, и на картах вместо загадочных стран, и сказочных животных стали размещать рисунки предметного, а иногда и сюжетного характера, относящиеся к данной местности. Это изображения растений, животных, предметов материальной культуры, способов передвижения и т. д. Такие рисунки как бы оживляли карту, делая ее более наглядной. Иллюстрированные карты широко распространены и в настоящее время. Почти на всех туристских картах можно встретить картинное изображение населенных пунктов, лесов, памятников и других объектов. Карты с иллюстрациями дают читателю много добавочных географических знаний, выходящих за пределы сведений о характере только самой земной поверхности. Дополнение карт иллюстрациями делает их интереснее, содержательнее, помогает их изучению. Хорошо нарисованные и размещенные на карте рисунки полезны не только с познавательной стороны: они делают ее декоративной, привлекают к ней внимание, не мешая, а скорее, помогая ее чтению.

Карта как иллюстрация нашла свое место в приключенческих романах и рассказах. На таких картах изображено не только место действия произведения, но и многое другое, относящееся к нему: растения, животные, люди и даже сцены. Описываемая местность изображается на карте по всем правилам картографии и в полном соответствии с фактическим материалом произведения. Так, иллюстрированная карта к роману Майн Рида «Оцеола, вождь семинолов» (рис. 28) сделана на основе подлинной карты Флориды, где развивается действие романа и к которой приурочены как действительные, так и вымышленные события. На карте наглядно показаны главные места, описанные в романе (плантации, форты, места сражений), передвижения героев и отрядов и некоторые события. Характер местности также обозначен очень наглядно штриховкой и рисунками деревьев. Карта не только помогает читателю представить более конкретно содержание романа, но и делает его как бы документальным, увеличивая в глазах читателей «достоверность» всего описываемого.

Карты могут быть сделаны и не на подлинной географической основе, а на вымышленной. Это ничего не меняет в их значении. Главное — карта должна во всех деталях хорошо согласовываться с содержанием про-

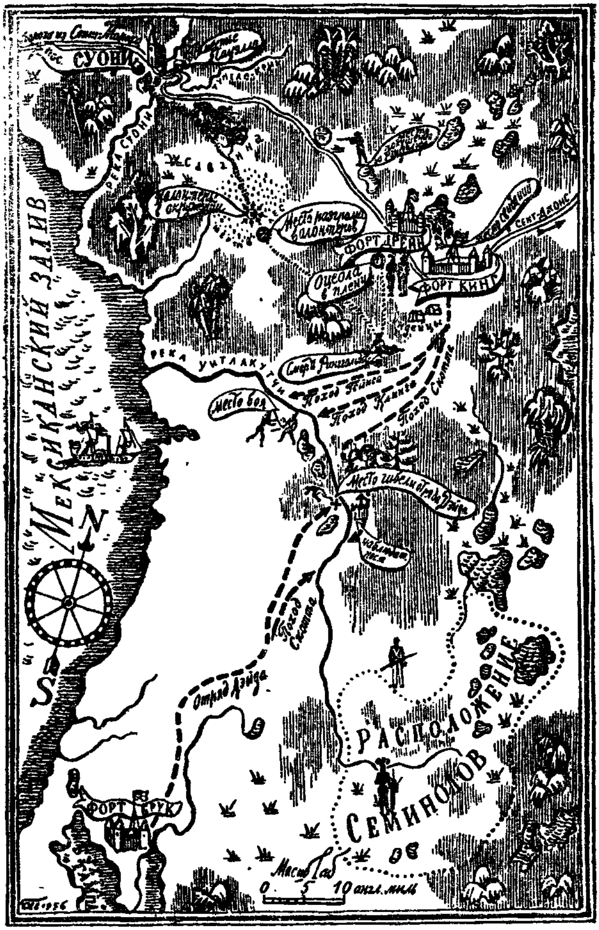


Рис. 28. Карта-иллюстрация к роману Майн Рида «Оцеола, вождь семинолов»

изведения и, конечно, быть художественно оформленной. Чем реальнее и подробнее сделано изображение вымышленной местности, тем конкретнее и понятнее становится само повествование.

Карта с иллюстрациями может быть составлена не только по сюжету рассказа, но и породить само произведение. Так было, например, с известным произведением Р. Стивенсона «Остров сокровищ». В конце лета

1881 г. писатель поселился вместе с семьей в Бремере. Однажды он, взяв в руки перо, начертил карту острова и старательно раскрасил ее акварельными красками. Изгибы берегов придуманного им острова моментально увлекли воображение, перенесли его на клочок земли, затерянной в океане. Оказавшись во власти вымысла, очарованный извивами береговой линии с причудливыми бухтами, Стивенсон нанес на карту названия: холм Подзорная Труба, возвышенность Бизань-мачты, Белая скала.

— А как будет называться этот остров? — спросил стоявший рядом пасынок писателя Ллойд.

— Остров сокровищ, — не раздумывая, ответил автор карты и тут же написал эти слова в ее правом нижнем углу.

Стивенсон дал волю воображению при виде карты нарисованного им острова. При взгляде на его очертания, напоминающие по контурам вставшего на дыбы дракона, ему показалось, будто в зарослях придуманного леса ожили герои его будущей книги. У них были загорелые лица, их оружие сверкало на солнце, они появлялись внезапно, сражались и искали сокровища на нескольких квадратных дюймах плотной бумаги. Писатель говорил, что не успел он опомниться как перед ним очутился чистый лист, и он составил перечень глав. Таким образом, карта породила содержание будущего повествования.

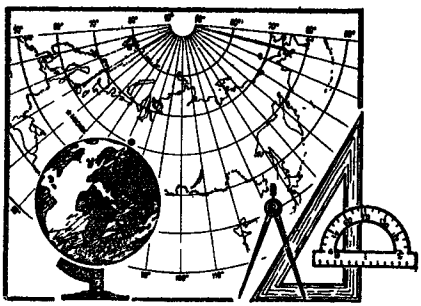
В художественной литературе есть примеры, когда карта органически входит в содержание произведения. Например, Л. Н. Толстой в «Войне и мире», описывая Бородинскую битву, включил составленную им карту предполагаемого и происшедшего сражения. Карта весьма наглядно иллюстрирует ход повествования.

Иллюстрации нашли широкое применение при составлении туристских карт. Обычно рядом с маршрутом изображают памятные места, которые встречаются на пути туриста. Это различные памятники, выдающиеся по своей архитектуре строения, парки, водопады и т. п. Да и сами маршруты нередко показывают не условными знаками дорог, а планово-перспективными рисунками, и это как бы оживляет карту, делает ее интересной и хорошо читаемой.

Великие художники эпохи возрождения Леонардо да Винчи, Дюрер и другие были причастны к картографии.

Замечательные карты, созданные Леонардо, рельефны и слегка тронуты краской. Они представляют собой как бы зарисовки местности при взгляде сверху, с высоты птичьего полета. Трудно сказать, чем они в большей мере являются — произведением искусства или практическим пособием. Точность их по тем временам была достаточно высокой. Художник свободно охватывает пристальным взглядом горы, реки, озера и зарисовывает их с поразительной конкретностью.

Картография — это своего рода искусство, и картограф не может быть безразличен к художественному мастерству. Он должен ясно представлять себе возможности изобразительных средств, владеть ими, чтобы любая карта, созданная им, была красива, привлекала к себе внимание и лучше читалась. Многие картографы известны как большие мастера графики.



РАБОТА С ГЛОБУСОМ И КАРТОЙ

КАК ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ГЛОБУСОМ

Глобус обладает такими свойствами, каких не имеет и не может иметь ни одна географическая карта. Его масштаб постоянен во всех местах и по всем направлениям. Полное подобие изображения на глобусе действительным очертаниям объектов позволяет легко определять истинные размеры любых частей поверхности Земли и сравнивать их. На глобусе можно измерять площади и расстояния, определять географические координаты пунктов, направления на стороны горизонта и т. д.

Работать с глобусом наиболее удобно, когда он находится в ориентированном положении. Обычно ось глобуса устанавливают не вертикально, а под углом 66°33′ к горизонтальной плоскости. Многие считают, что тем самым задано его ориентирование. Но это не так. Горизонтальная плоскость совпадает с плоскостью орбиты только на одной широте — на полярном круге. Только здесь мы можем ориентировать глобус, направив северный конец его оси в Полюс мира. На всех других широтах обычный глобус не ориентируется.

Для того, чтобы ось глобуса была параллельна оси Земли в любом месте, нужно угол наклона оси к горизонтальной плоскости сделать равным широте этого места. Так например, в Москве, расположенной на 55°45′ с. ш., угол наклона оси глобуса должен быть 55°45′, а на Северном полюсе ось глобуса должна занять строго вертикальное положение.

Ориентирование глобуса можно выполнить следующим образом. Установите глобус так, чтобы населенный пункт, где вы живете, был в зените, т. е. на самом верху. В таком положении подложите под основание глобу-

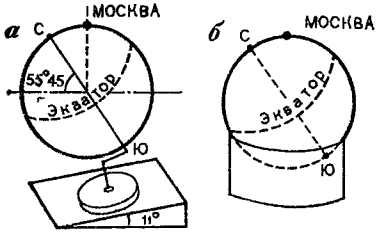
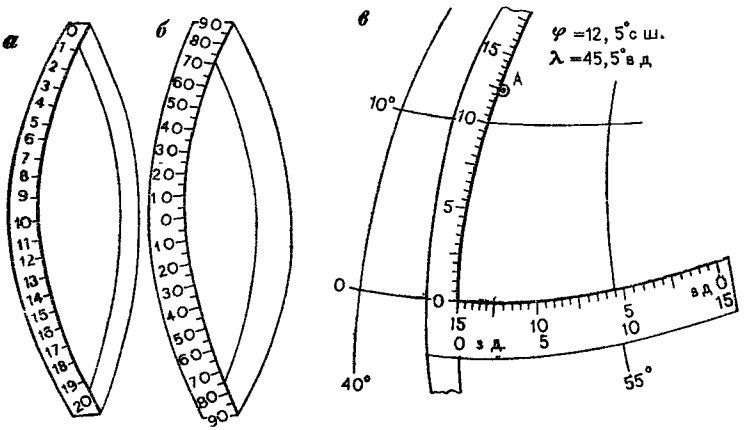


Рис. 29. Ориентирование глобуса на широте Москвы: *а* — с помощью клиновой подставки; *б* — с помощью цилиндрического кольца

Рис. 30. Кольцевые шкалы и способ определения географических координат по ним



са какой-нибудь предмет, и ваш глобус будет ориентирован. Впрочем, подставку вы можете сделать заранее из треугольного бруска, подобного показанному на рис. 29, *а*. Угол у основания этого бруска должен соответствовать разности величины угла наклона оси глобуса и значения широты вашего населенного пункта. Если, например, вы живете на широте Москвы, то разность составит примерно 11°(66°33′—55°45′).

Работая с глобусом, вы, наверное, убедились, что по нему трудно изучать континенты и моря Южного полушария. В самом деле, чтобы, например, изучить Антарктиду, а тем более определить координаты антарктических станций и других объектов, нужно перевернуть глобус, придерживая его за основание. Попробуйте в таком положении выполнять на нем какие-либо измерения! Здесь рекомендуем воспользоваться следующим советом. Открутите винт, скрепляющий глобус с осью, выньте глобус и установите его на специально изготовлен-

ной подставке в виде широкого цилиндрического кольца (рис. 29, *б*). Такую подставку можно легко и быстро изготовить из мягкого картона или толстой чертежной бумаги. Размер окружности должен быть примерно равен параллели 40°. Кольцевая подставка служит очень хорошим приспособлением для работы с глобусом в любой его части. Она дает возможность произвести ориентирование глобуса для любого географического пункта. Поворачивая глобус в кольце, мы можем устанавливать его в такое положение, в котором хорошо обозревать любой материк, любую часть акватории моря и выполнять необходимые измерения.

Расстояния по глобусу можно измерять тонкой металлической линейкой или натянутой нитью. Полученное расстояние в миллиметрах затем переводят в соответствии с масштабом в действительное расстояние в километрах. Нужно только следить, чтобы линейка или нить плотно прилегали к поверхности глобуса и проходили по кратчайшему пути между заданными пунктами, т. е. по дуге большого круга.

Очень удобно измерять расстояния по глобусу с помощью отсчетного кольца, которое легко изготовить самим. Узкую полоску толстой бумаги склеивают в кольцо, размер которого точно равен диаметру глобуса. С внешней стороны кольца на половине окружности наносят 20 делений, каждое из которых соответствует 1000 км (рис. 30, *а*). Полученные интервалы делят точками на сотни километров. Для измерения расстояния между пунктами кольцо надевают на глобус и разворачивают так, чтобы край шкалы проходил через оба пункта, причем нулевой индекс должен быть совмещен с одним из пунктов. В таком положении отсчет по шкале против другого пункта показывает расстояние между ними.

На второй половине окружности кольца можно нанести градусную шкалу от 0 до 90° в обе стороны (рис. 30, *б*). По этой шкале определяют географическую широту пунктов. Снимем глобус с оси и наденем на него кольцо так, чтобы край шкалы проходил через центры отверстий, на которые надевается ось, и через заданный пункт, а нулевой штрих совместился бы с линией экватора. Отсчет по шкале против пункта указывает его географическую широту. Для определения долготы подклеим полоску бумаги к кольцу против нулевого штриха, как это показано на рисунке. На этой полоске дают-

ся градусные деления интервала между двумя соседними меридианами по экватору, причем оцифровка их для восточной долготы должна идти справа налево, а для западной долготы — наоборот. В примере на рис. 30, *в* пункт *А* имеет следующие координаты: 12,5° с. ш., 45,5° в. д. Точность их определения зависит от масштаба. Большой глобус позволяет определять их с точностью до десятых долей градуса. Их можно отсчитать по нашей шкале на глаз.

Если два пункта находятся на одном и том же меридиане, то, определив их широты, можно узнать расстояние между ними. Так Москва и Аддис-Абеба имеют примерно одну и ту же долготу 38° в. д. Определим их широты: $B_1 = 55{,}8°$ с. ш., $B_2 = 9{,}1°$ с. ш. Разность широт составит протяженность дуги меридиана в градусах. Известно, что 1° дуги меридиана соответствует 111 км. Значит расстояние между городами равно примерно 5180 км ($46{,}7 \cdot 111$). Определив это же расстояние по шкале кольца, вы убедитесь в правильности наших расчетов.

Не всегда можно быстро дать ответы на вопросы, какой из двух пунктов расположен южнее или какой пункт находится западнее. Глобус позволяет это сделать. Например, какой город и на сколько градусов находится южнее, Ялта или Владивосток? На первый взгляд кажется, что Ялта находится южнее. На самом деле не так. Измерим по глобусу географические широты городов, и у нас получится, что Владивосток раположен южнее Ялты на 1,3°.

ГРАДУСНАЯ СЕТКА НА КАРТЕ

Градусная, или, как называют ее составители карт, картографическая, сетка служит не только основой для нанесения элементов ландшафта, но и наглядно передает кривизну изображаемой поверхности, особенно на мелкомасштабных картах. Градусная сетка позволяет определить масштаб, когда он не обозначен (дуга одного градуса меридиана в средних широтах СССР равна 111 км), или проверить его, когда он вызывает сомнение. Учитывая свойства проекции, градусной сеткой можно пользоваться для измерения расстояний и площадей. Наконец, градусная сетка позволяет определить на карте географические координаты любого пункта или нанести пункт по его координатам.

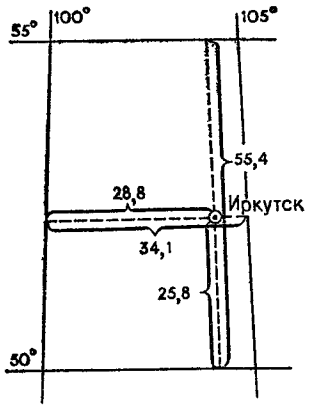


Рис. 31. Схема измерения отрезков для определения географических координат

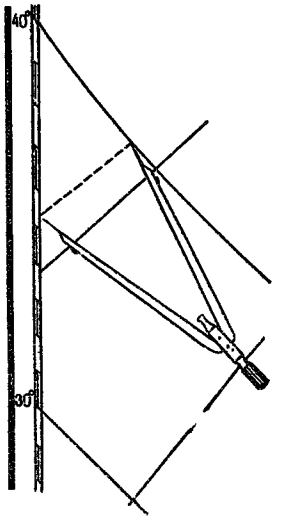


Рис. 32. Определение географической широты по градусной сетке

Допустим, нам надо определить координаты города Иркутска (рис. 31). Найдем градусную клетку, где расположен город, и узнаем широты нижней и верхней параллелей, а также долготы левого и правого меридианов. Через центр условного знака города проведем линии, параллельные ближайшим меридиану и параллели. По этим линиям измерим расстояния между меридианами и параллелями, а также расстояния от меридиана и параллели до нашего пункта. Для определения широты пункта составим и решим пропорцию:

$$55{,}4 \text{ мм} — 5°;\quad 25{,}8 \text{ мм} — x;\quad x = \frac{25{,}8 \cdot 5}{55{,}4} = 2{,}3°.$$

Широта пункта получилась равной 52,3° в. д. Аналогично вычисляют и долготу.

Значительно проще, хотя с несколько меньшей точностью координаты определяют по градусным шкалам, расположенным на сторонах внешней рамки карты. Чтобы определить широту какого-либо пункта, возьмем раствором циркуля расстояние от него до верхней параллели клетки градусной сетки, в которой находится пункт.

Приложим этот раствор к западной или восточной стороне рамки так, чтобы одна игла помещалась на градусной шкале, а вторая — в точке касания параллели, до которой измеряли расстояние, и произведем по шкале отсчет. В примере на рис. 32 широта самого южного пункта нашей страны — Кушки получилась равной 35,3°. При отсутствии циркуля-измерителя можно воспользоваться линейкой или полоской бумаги. Долготу пункта можно определить с помощью линейки. Ее прикладывают так, чтобы прямая линия проходила через заданную точку и одинаковые долготы на северной и южной сторонах рамки. Отсчет долготы в северном полушарии лучше делать по шкале на южной стороне, так как интервалы там больше и отсчеты получаются точнее.

Пункты по заданным координатам наносят на карту в обратном порядке. В качестве примера решим такую задачу. Экспедиция О. Ю. Шмидта высадилась на лед с затонувшего «Челюскина» 13 февраля 1934 г., 15 февраля Э. Т. Кренкель дал радиограмму: «Второй день челюскинцы живут на льду. Ночью прояснило. По звездам определили свое местонахождение: 67°17′ с. ш., 172°51′ з. д...» Как по этим данным найти на карте местоположение лагеря?

Прежде всего уясним, через сколько градусов проведены параллели и меридианы на нашей карте. Допустим, они проведены через 5°. Значит, параллели и меридианы проходят через интервалы, кратные пяти градусам. Найдем на карте четырехугольник, ограниченный параллелями 65 и 70° с. ш. и 170 и 175° з. д. Переведем минуты заданных координат в десятые градуса, получим: $B=67{,}3°$; $L=172{,}8°$. По меридианным сторонам четырехугольника отложим от основания отрезки, равные отношению (67,3—65):5, т. е. 0,46 части стороны, и полученные точки соединим параллелью. На этой параллели от правого меридиана отложим отрезок, равный (172,8—170) : 5=0,56 части отрезка параллели, и полученная точка укажет положение лагеря.

Долготу иногда выражают не в угловой мере, а во времени. Так как Земля поворачивается вокруг своей оси в 1 ч на 15° к востоку, то, когда в Гринвиче, откуда идет отсчет всемирного времени, полдень, в пункте, отстоящем от Гринвича на 30° к востоку, местное время будет 2 ч. Следовательно, долгота этого пункта соответствует двум часам. Долгота Харькова, например, равна

ТАБЛИЦА 3
ДЛИНА ДУГИ ПАРАЛЛЕЛИ НА РАЗНЫХ ШИРОТАХ

Широта, градусы	Длина дуги параллели в 1°, км	Широта, градусы	Длина дуги параллели в 1°, км
0	111,3	50	71,7
10	109,6	60	55,8
20	104,6	70	38,2
30	96,5	80	19,4
40	85,4	90	0

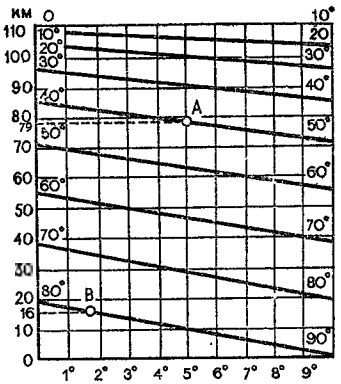


Рис. 33. График для определения протяженности дуги параллели в 1°

36°13′36″ = 2 ч 24 мин 54,4 с к востоку от Гринвича.

Все меридианы сходятся у полюсов, и поэтому расстояние между двумя меридианами по мере их удаления от экватора уменьшается и на полюсах становится равным нулю. Отсюда следует, что протяженность дуги в 1° географической долготы на каждой параллели будет разной (табл. 3).

По данным этой таблицы построим график, по которому можно определять протяженность дуги параллели в 1° для любой широты. Чтобы график был компактным, покажем его с разрывами, ограниченными широтными интервалами от 0 до 10°, от 10 до 20°, от 20 до 30° и т. д. (рис. 33). Для этого сначала построим сетку квадратов. На вертикальной оси отложим и подпишем расстояния через 10 км, на горизонтальной оси — углы через 1°. Чтобы построить, например, линию, ограниченную широтным интервалом от 40 до 50°, нанесем по табличным данным две точки: первую для широты 40° (расстояние 85,4 км) и вторую для широты 50° (расстояние 71,7 км). Соединим эти точки линией, и она позволит нам определять протяженность дуги параллели в 1° на любой широте в пределах от 40 до 50°. Для широты 45°, например (точка *A*), протяженность дуги в 1° равна 79 км.

С помощью такого графика можно решать задачи, связанные с определением расстояний на земной поверх-

ности. Необходимо иметь в виду, что расстояния по графику отсчитываются с точностью до 1 км, и поэтому окончательный результат может несколько отличаться от истинного.

Определим площадь острова Рудольфа, который расположен между 81,7° и 81,9° с. ш. и 58° и 59,2° в. д. Форма острова почти прямоугольная, и задача по сути дела сводится к определению протяженности его по широте и долготе.

Разность широт северной и южной оконечностей острова 0,2°. Известно, что дуга меридиана в 1° составляет примерно 111 км. Значит протяженность острова по широте равна 22 км (0,2×111). Так мы определили одну из сторон прямоугольника. Чтобы определить вторую сторону, найдем по графику длину дуги в 1° долготы на средней параллели острова, т. е. на широте 81,8°. Она получилась равной 16 км (см. точку *B* на графике). По долготе остров простирается на 1,2°. Значит, расстояние между восточной и западной его оконечностями равно примерно 19 км (16·1,2). Следовательно, площадь составит 418 км² (22·19).

ПУТЕШЕСТВИЯ ПО КАРТАМ

Известный советский писатель К. Паустовский с юных лет имел пристрастие к картам. В своем рассказе «Мещерская сторона» он пишет: «Изучение незнакомого края всегда начинается с карты... По карте можно странствовать так же, как и по земле, но потом, когда попадешь на эту настоящую землю, сразу же сказывается знание карты — уже не бродишь вслепую и не тратишь времени по пустякам».

Не только такие романтики, как К. Паустовский любили путешествовать по карте. И. Ильф и Е. Петров перед тем как отправиться в путь по одноэтажной Америке, разостлали карту и проложили по ней будущий маршрут: «В течение двух часов мы путешествовали по карте Америки. Какое это было удивительное занятие!»

Карта порождает мечты, увлекая нас в неведомые дали. Герой романа Р. Стивенсона «Остров сокровищ» Джим, от имени которого ведется повествование, рассказывает: «Много часов провел я над картой и выучил ее наизусть. Сидя у огня в комнате домоправителя, я в мечтах подплывал к острову со всех сторон. Я исследо-

вал каждый его вершок, тысячи раз я взбирался на высокий холм, названный Подзорной Трубой, и любовался оттуда удивительным, постоянно меняющимся видом».

Чтобы успешно «путешествовать» по карте, нужно усвоить ее условные обозначения и по их сочетанию научиться извлекать различные сведения о любой стране, о любой территории. Пользуясь азбукой картографического искусства, можно свободно читать карту и по сочетанию символов видеть местность такой, какая она есть на самом деле. Можно научиться мысленно населять карту живыми существами и наполнять движением, свойственным изображенной местности. Вот как описывает Ф. Фурманов умение В. И. Чапаева читать карту: «Перед взором Чапаева по тонким линиям карты развертывались снежные долины, сожженные поселки, идущие в сумраке цепями и колоннами войска, ползущие обозы, в ушах гудел — свистел утренник-ветер, перед глазами мелькали бугры, колодцы, замерзшие синие речонки, поломанные серые мостики, чахлые кустарники. Чапаев шел в наступление!»

Чтение карты нельзя полностью отождествлять с чтением книги. Тем не менее в этих понятиях имеется много общего. Как при чтении книги в нашем сознании складываются различные образы, так и по взаимному расположению условных знаков можно представить образ реальной местности. Рассматривая и изучая отдельные условные знаки и их сочетание, мы мысленно воссоздаем образы изображенных объектов путем сравнения их с образами аналогичных объектов, имеющихся в нашей памяти. Например, рассматривая на карте условное изображение железной дороги, мы представляем ее такой, какую знаем в жизни, многократно видели в натуре.

Посмотрите на лист топографической карты одну-две минуты, потом отложите его и воспроизведите на бумаге все то, что увидели. Если у вас не получится приближенная копия карты, то это не означает, что вы зря потратили время. Это хорошая тренировка в чтении карты. Таким образом вы учитесь видеть не топографические знаки, а рощи, села, дороги, овраги. Так же нужно уметь читать и местность: видеть не только леса, реки, озера, но и одновременно представлять, как они изображаются на карте.

Говоря о чтении карты, необходимо отметить, что мы читаем ее не вообще, а с целью получения интересующей

нас информации. Одни обращаются к карте в походе при ориентировании на незнакомой местности. Другие изучают по карте ту или иную территорию в познавательных целях или применительно к решаемой задачи. Третьи рассматривают карту как средство научного исследования того или иного явления, имеющего распространение на данной территории. На эти и многие другие вопросы карта отвечает лаконичным языком, но процесс ее чтения в разных случаях протекает по-разному.

На сегодняшний день ни один из практически разработанных способов отображения и передачи информации о местности не может конкурировать с географической картой в наглядности, точности, четкости и конкретности. В этом отношении карту ничем нельзя заменить. Ее не могут заменить картины и кинофильмы и даже самые лучшие описания территорий. О соотношении карты и текста хорошо сказал известный советский географ Н. Н. Баранский: «Чтобы нагляднее убедиться в том, насколько трудно действительно заменить карту текстом, лучше всего проделать маленький опыт. Возьмите самую простенькую карту Крыма с очертаниями его берегов, главными реками, железнодорожной и шоссейной сетью и каким-нибудь десятком населенных пунктов и попробуйте описать ее словами так, чтобы описание могло заменить карту и чтобы на основании одного этого описания можно было бы затем с достаточной точностью воспроизвести ее. На этом опыте легко убедитесь, что замена карты текстом дело почти что невозможное, не говоря уже о колоссальной громоздкости такого рода описания. И если вы даже составите описание, более или менее претендующее на замену карты, то, читая его, вы сразу обнаружите, что пользоваться им для составления пространственного представления о Крыме нельзя и что для этого требуется прежде всего перевести его обратно в карту, хотя бы и далеко не полную».

Вместе с тем в некоторых отношениях карта беднее, трафаретнее текстового описания, что обусловлено самой природой карты и ограниченностью числа условных знаков. Так, на современных топографических картах, наиболее универсальных по содержанию, используется до нескольких сотен условных знаков, в то время как словарный фонд языка насчитывает сотни тысяч слов. Условные знаки карт большей частью отражают видовые понятия и бессильны дать характеристику индиви-

дуальных свойств объектов. Описание в этом отношении более гибко и может дать оттенки, отличающие данный объект от типа его, положенного в основу изображаемого условного знака. На карте трудно передать плавность, постепенность перехода от одних элементов ландшафта к другим, а также оценки объектов, не выражаемые той или иной величиной. Вот почему очень часто в дополнение к карте составляют различные описания в виде справочников, путеводителей и т. п.

ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ И ПЛОЩАДЕЙ

Если вы собрались в многодневный поход, без карты не обойтись. Прежде всего нужно узнать расстояние от начального до конечного пункта. Без этого нельзя рассчитать время похода и наметить остановки в пути. Сделать это нетрудно. Найдем на карте пункты, измерим циркулем или линейкой расстояние между ними, приложим этот отрезок к линейному масштабу и получим расстояние в километрах. Но ведь вы пойдете или поедете не по прямой линии, а по извилистым дорогам! Как же в таком случае измеряют расстояние?

Приближенный результат можно получить с помощью курвиметра, но для точных измерений он мало пригоден. Хорошо использовать циркуль-измеритель с малым раствором, который называют шагом. Одну иглу циркуля ставят в начальную точку, а вторую — на измеряемую линию (рис. 34, *а*). Поворачивая циркуль вокруг одной из игл, «шагают» по маршруту. Общая длина его равна числу шагов, умноженному на величину ша-

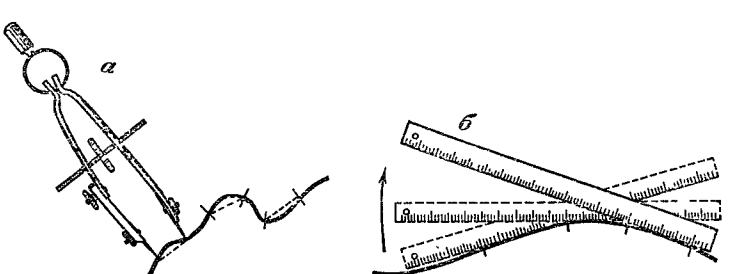


Рис. 34. Способы измерения расстояний:
а — циркулем-измерителем; *б* — линейкой

га циркуля, плюс остаток, измеренный по линейному масштабу. Лучше всего пользоваться измерителем с микрометренным винтом. Он более точно удерживает раствор циркуля.

Если кривые плавные, то их разбивают на ряд отрезков, достаточно малых, чтобы можно было пренебречь разницей между длиной хорды и длиной дуги в каждом из них. Измерение криволинейной линии при этом сводится к измерению ломаного контура. Можно также непосредственно прикладывать к пологой кривой линии масштабную линейку, поворачивая ее по линии так, чтобы линейка все время по возможности оставалась касательной к кривой (рис. 34, *б*). При этом надо следить, чтобы линейка поворачивалась только около линии, но ни в коем случае не скользила. Этот чрезвычайно простой и удобный способ при некоторой тренировке дает достаточно точные результаты.

По карте измеряют не только протяженность маршрута, но и длину реки, береговой линии озера, моря и других линейных географических объектов. И если измерений много, то целесообразно изготовить специальную палетку (рис. 35). Ее делают из прозрачной основы, на которую наносят разным цветом две сетки квадратов,

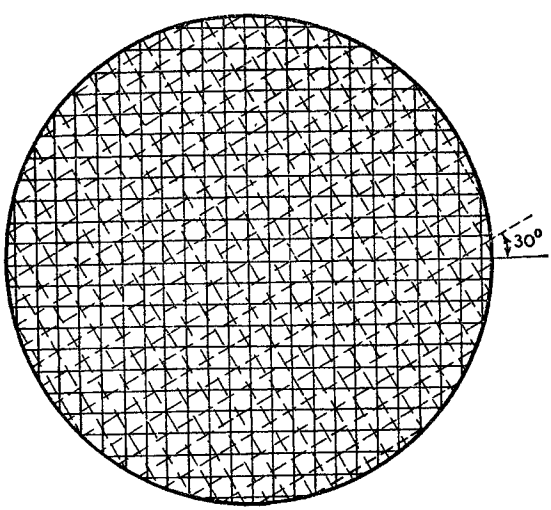


Рис. 35. Палетка для измерения расстояний по карте

расположенные относительно друг друга под углом 30°. Каждая сторона квадрата сеток равна 3,82 мм. При определении длины линии палетку накладывают на карту так, чтобы концы измеряемой кривой оказались внутри сетки. Подсчитывают число сторон квадратов, пересекаемых измеряемой линией, вначале по сетке одного цвета, а затем, не сдвигая палетки, — по сетке другого цвета. Вычисляют среднее арифметическое из отсчетов по двум сеткам, и утроенное значение полученной величины даст длину измеряемой линии в миллиметрах.

Можно обойтись и одной сеткой, но в таком случае счет пересечений ее сторон с измеряемой линией придется вести при двух ее положениях. Вначале сетку располагают так, чтобы ее стороны были параллельны рамкам карты, а затем сетку поворачивают примерно на 30°. Если же отсчеты произвести при трех положениях сетки, т. е. после первого поворота, повернуть ее еще раз на 30°, то суммарное число пересечений даст искомую длину линии в миллиметрах.

Измерения расстояний производят по картам, на которых искажений нет или они практически незаметны. К ним относятся прежде всего топографические карты, а также карты районов, областей, краев, союзных республик, отдельных государств, протяженность которых с юга на север или с востока на запад не превышает 1500—2000 км. Но даже и на таких картах, как бы точно ни измеряли расстояния, они не будут соответствовать истинным. Это происходит потому, что в результате картографических обобщений извилистые линии на картах бывают укорочены по сравнению с реальными. На топографической карте, например, масштаба 1 : 200 000 несоответствие достигает 25 %.

Измерять расстояния на мелкомасштабных картах сложнее, чем на крупномасштабных, так как приходится считаться с переменным масштабом. Однако во многих случаях частные масштабы по всей карте или хотя бы на некоторых участках ее настолько мало отличаются от главного масштаба, что с достаточной для практики точностью масштаб считают постоянным. Наиболее точно длину по мелкомасштабной карте можно определить, если расстояние между точками измеряют по меридиану или по параллели. Определив разность широт или долгот начальной и конечной точек, умножают ее величину на длину дуги в 1° по меридиану или параллели и получают

заданное расстояние. В качестве примера определим протяженность Каспийского моря с юга на север по меридиану 50°. Для этого определим по карте географические широты точек пересечения береговой линии моря с пятидесятиградусным меридианом. Они получились равными 46,5 и 37,5° с. ш. Разность их составляет 9°, что соответствует расстоянию 999 км (9·111).

Это расстояние (округленно 1000 км) соответствует длине Каспийского моря от устья Волги до берегов Ирана. Его можно использовать при изучении Европы и Азии в качестве сравнительного эталона для глазомерной оценки расстояний между различными пунктами. Подобные эталоны можно наметить и для других стран мира. Например, для Африки — длина Красного моря — 2000 км, для Северной Америки — длина полуострова Калифорния — 1200 км, для Австралии — длина мыса Йорк — 800 км.

На морских картах, которые строятся в проекции Меркатора, не дается линейный масштаб. Его роль выполняют восточная или западная стороны рамки карты, представляющие собой меридианы, разбитые на деления через 1′ по широте. У моряков расстояния принято оценивать в милях. Морская миля — это средняя длина дуги меридиана в 1′ по широте, равная 1852 м. Таким образом, рамки морской карты фактически разбиты на морские мили. Определив расстояние между двумя точками на карте в минутах меридиана, получают действительные расстояния в морских милях.

Если точки A и B расположены не на одном меридиане (рис. 36), то раствор циркуля-измерителя нужно перенести на рамку так, чтобы обе иглы циркуля отстояли на одинаковых расстояниях от концов проекций измеряемой линии. Для этого вначале намечают в середине отрезка точку K и проектируют ее на боковую сторону рамки. От этой точки K_1 откладывают отрезки K_1A_1 и K_1B_1, равные отрезкам KA и KB. Расстояние AB в милях равно разности отсчетов широт точек A_1 и B_1. В нашем случае оно получилось равным 452 милям (55°17′—47°45′=7°32′=452′).

Если предстоит длительная работа с мелкомасштабной картой, то имеет смысл изготовить специальный масштаб для измерения расстояний по разным параллелям. Образец такого масштаба приведен на рис. 37. Он представляет собой совокупность нескольких линейных мас-

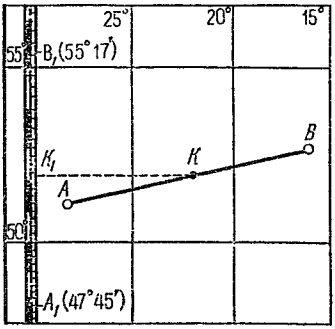
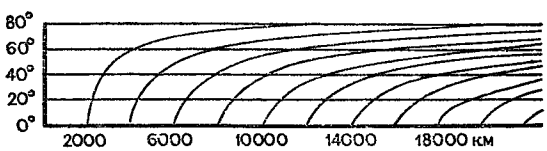


Рис. 36. Схема определения расстояний на морской карте

Рис. 37. Масштаб для измерения расстояний по разным параллелям



штабов, каждый из которых начерчен для соответствующего частного масштаба карты по различным параллелям. На нашем чертеже такие масштабы построены через 20° по широте. Нижняя горизонтальная линия соответствует масштабу на экваторе, следующая за нею — частному масштабу на параллели 20° и т. д. Отдельные точки масштаба соединяются плавными кривыми, что дает возможность измерять по масштабу длины линий, лежащих на промежуточных широтах.

Карта позволяет ответить и на такие вопросы, как, например, сколько гектаров занимает озеро, на какой площади раскинулся город и т. п. Наиболее просто и быстро площадь по карте можно определить графическим путем. На контуре, в пределах которого требуется определить площадь, на глаз строят равновеликий прямоугольник (рис. 38, *а*). Измерив его основание *а* и высоту *b* и перемножив одно на другое, получим площадь фигуры. Для более точных определений фигуру разбивают на сеть прямоугольников, квадратов и треугольников. Площадь каждого из них вычисляют по известным правилам геометрии. Сумма площадей отдельных фигур даст общую площадь, заключенную в контуре.

Очень удобно определять площадь по сетке квадратов, нанесенной на прозрачную бумагу или пленку. Стороны

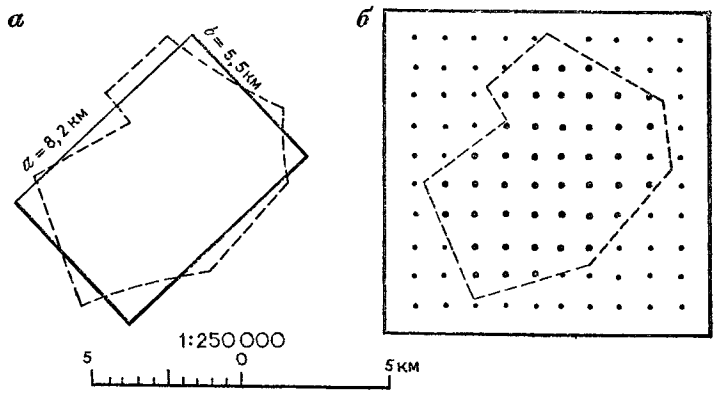


Рис. 38. Схема определения площади:
а — построением равновеликого прямоугольника; *б* — точечной палеткой

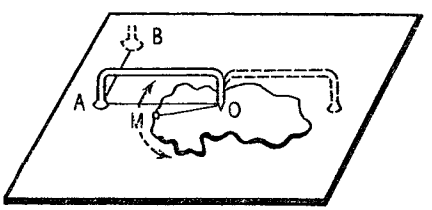


Рис. 39. Схема измерения площади планиметром-топориком

квадратов должны быть такими, чтобы каждый из них соответствовал целому числу гектаров или квадратных километров. Так, для карт масштабов 1 : 25 000, 1 : 250 000 и 1 : 2 500 000 квадрат вычерчивают со стороной 4 мм. Для первой карты один квадрат будет соответствовать 1 га, для второй — 1 км² и для третьей — 100 км². Накладывая такую сетку на карту, подсчитывают число квадратов, покрывающих площадь, причем доли квадратов определяют на глаз.

Вместо сетки квадратов можно ограничиться только точками, отмеченными в вершинах квадратов (рис. 38, *б*). Количество точек в пределах контура будет соответствовать числу квадратов, и здесь уже не нужно подсчитывать число долей квадратов. В нашем случае на изображение контура попало 45 точек, значит, площадь, заключенная в нем, составляет 45 км².

Для точного измерения площадей применяют специальный прибор — планиметр. Простейший планиметр-топорик можно легко изготовить самому. Он состоит из металлического стержня, согнутого в виде широкой бук-

вы П (рис. 39). Один конец инструмента расплющивается в виде топорика, а другой — ведущий конец заостряется в иглу. Для правильного измерения площади необходимо, чтобы острие иглы лежало в плоскости, проходящей через лезвие топорика; во время работы инструмент должен быть в вертикальном положении.

Для определения площади какой-либо фигуры намечают на глаз ее центр тяжести — точку O и соединяют ее с точкой M, находящейся на контуре. Планиметр ставят острием в точку O и слегка нажимают на топорик, чтобы получить след на бумаге A. Затем иглой обводят занимаемую площадь, сначала по прямой OM до контура, далее делают полный оборот по контуру до точки M и, наконец, снова возвращаются в исходную точку O. После этого легким нажимом фиксируют на бумаге новое положение топорика B. Площадь, ограниченная контуром, равняется произведению длины планиметра AO на расстояние AB между начальным и конечным положениями топорика: $s=AO\cdot AB$.

Для уточнения результата и исключения ошибки от несовпадения точки O с центром тяжести фигуры надо повернуть инструмент на 180° и сделать новый обвод в противоположном направлении. За окончательный результат принимают среднее из двух значений. Планиметр-топорик очень прост в работе и может с успехом применяться для измерения площадей с точностью, не превышающей 2—3 %.

На мелкомасштабных обзорных картах, которые содержат большие искажения, площади можно определять по клеткам картографической сетки. Размеры площадей клеток выбирают из таблиц, которые можно найти почти в каждом географическом атласе, например в атласе для учителей. Частично занятые клетки, так называемые домерки, оценивают на глаз с точностью до десятых долей. Для большей точности клетки картографической сетки делят на более мелкие с таким расчетом, чтобы их площади можно было найти в таблицах.

КРАТЧАЙШИЙ ПУТЬ НА ГЛОБУСЕ И КАРТЕ

Мы знаем, что кратчайший путь между какими-либо двумя точками проходит по дуге большого круга, которая называется ортодромией. Ее можно построить с помощью глобуса. К намеченным на нем пунктам приклады-

вают нить, которая и соответствует ортодромии — дуге большого круга. Для переноса ее на карту определяют широты и долготы точек пересечения ортодромии с меридианами или параллелями. Запись координат можно вести в табличной форме. Дадим ее, например, для трассы Москва—Гавана.

Номера точек	1	2	3	4
Долгота	30° в. д.	15° в. д.	0	15° з. д.
Широта	58° с. ш.	61° с. ш.	62° с. ш.	61° с. ш.

Продолжение

Номера точек	5	6	7	8
Долгота	30° з. д.	45° з. д.	60° з. д.	75° з. д.
Широта	59° с. ш.	54° с. ш.	46° с. ш.	32° с. ш.

По данным координатам наносят на карту точки и затем соединяют их плавной кривой линией. Эта линия является трассой кратчайшего воздушного пути самолетов, следующих из Москвы в Гавану и обратно.

Такую задачу можно решить и без глобуса, по карте северного или южного полушария. Допустим, нам требуется узнать кратчайший путь между городами Махачкала и Владивосток, широта которых почти одинакова (рис. 40, *а*). Возьмем циркуль и, передвигая его иглу вдоль линии меридиана, расположенного посередине между пунктами, подберем такой радиус, чтобы дуга окружности проходила через оба пункта и опиралась на диаметр полушария. Кратчайший путь в нашем примере проходит по дуге, показанной на рисунке утолщенной линией. Данный прием нанесения кратчайшего маршрута на карту полушария можно применить и для пунктов, имеющих различную долготу и различную широту. Однако в последнем случае подобрать радиус и найти центр окружности, дуга которой проходила бы через оба пункта и концы диаметра, не так-то легко. Значительно проще подобные задачи решать с помощью палетки, изготовленной из прозрачного материала (кальки, целлофана). Делается она так. Лист кальки накладывают на карту полушария и переносят на нее с карты полуокружность. Затем через равные промежутки строят дуги, соединяющие концы полуокружности (рис. 40, *б*).

Чтобы определить кратчайший путь между двумя пунктами, совместим линию полуокружности на палетке с линией окружности на карте. Поворачивая палетку вокруг центра полуокружности, добьемся такого положе-

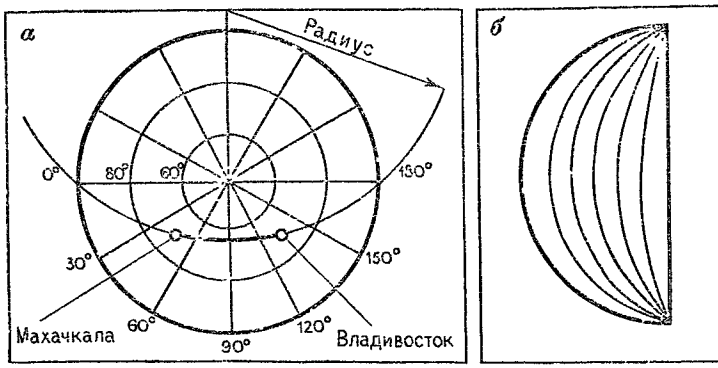


Рис. 40. Способ нахождения по карте полушария кратчайшего пути

ния, когда оба пункта окажутся на одной какой-либо дуге. По этой дуге и будет проходить кратчайший путь. Нужно только еще раз проверить точность совмещения линии на палетке с дугой окружности на карте.

Естественно, возникает вопрос: нет ли такой карты, на которой ортодромия изобразится в виде прямой? Есть такая карта. Она составлена картографами в азимутальной проекции, в которой проецирующие линии исходят из центра шара. В этом случае любое сечение шара, проходящее через центр, будет проектироваться на плоскость, касательную к поверхности шара, в виде прямой. Дело в том, что центр шара является одновременно центром любого сечения, делящего шар пополам, т. е. центром любого большого круга. При проецировании большого круга из центра шара мы получим безгранично расширяющуюся плоскость, которая, пересекаясь с плоскостью проекции, будет всегда давать прямую.

Ортодромия на карте показывает направление кратчайшего пути. Но по этому направлению масштаб будет отличаться от главного, который подписан на карте. Мало того, он будет разным в различных частях маршрута. Как же в таком случае определить расстояние по маршруту между начальным и конечным пунктами?

Оригинальный способ решения такой задачи предложил русский математик П. Л. Чебышев. Прежде всего находят географические координаты пунктов, между которыми определяют расстояние. Затем вычисляют разности координат, не учитывая знаков, и разность широт

умножают на 120, а разность долгот — на 60. Большее из полученных двух чисел умножают на 7, а меньшее — на 3. Складывают оба числа, сумму делят на 7,5, и в результате получают расстояние между пунктами в километрах.

В качестве примера определим расстояние между Москвой и Ленинградом по их координатам. Москва: 55,7° с. ш., 37,5° в. д.; Ленинград: 59,9° с. ш., 30,3° в. д.

$$55{,}7° - 59{,}9° = 4{,}2 \cdot 120 = 504 \cdot 7 = 3528;$$

$$37{,}5° - 30{,}3° = 7{,}2 \cdot 60 = 432 \cdot 3 = 1296.$$

Сумма полученных чисел равна 4824. При делении этого числа на 7,5 получим расстояние между Москвой и Ленинградом, равное 643 км.

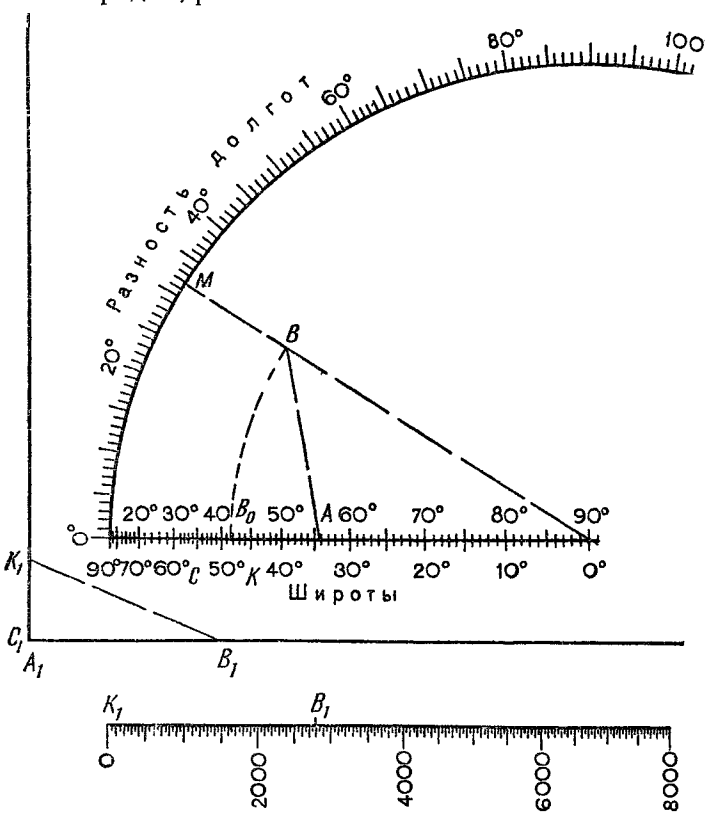


Рис. 41. График для определения расстояний между пунктами

Данный способ приближенный. Более точные результаты можно получить по номограмме (рис. 41). Порядок работы с помощью номограммы рассмотрим на следующем примере.

Определить расстояние между Москвой и Ташкентом по их координатам (Ташкент: 41,3° с. ш., 69,3° в. д.).

1. На круговой шкале отметим разность долгот пунктов 31,8° и соединим полученную точку M с центром круговой шкалы.

2. На верхней горизонтальной широтной шкале отложим точки A и B_0, соответствующие широтам пунктов, и проведем из центра O дугу радиусом OB_0. При пересечении с линией OM отметим точку B и соединим ее с точкой A.

3. На нижней широтной шкале отметим точки C и K, также соответствующие широтам пунктов.

4. На сторонах прямого угла отложим отрезки C_1K_1 и A_1B_1, равные соответственно CK и AB. Отрезок K_1B_1 является гипотенузой прямоугольного треугольника.

5. Отложим отрезок K_1B_1 на самой нижней шкале и получим ответ: расстояние между пунктами равно 2800 км.

При тщательной работе с циркулем-измерителем расстояния с помощью увеличенной номограммы можно определять с точностью до 10 км.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

Из всех географических карт топографические карты — самые точные и подробные. По ним можно определить, например, не только точные географические координаты различных пунктов, но и прямоугольные. Для удобства пользования прямоугольными координатами на каждом листе топографической карты имеется сетка квадратов, которую называют километровой. Она образована взаимно перпендикулярными линиями, проведенными через 2, 4 или 10 см. У всех линий километровой сетки даны подписи координат, которые необходимы не только для нанесения пунктов по заданным координатам, но и для отыскания объектов на карте. Для этого вначале указывают число, подписанное у нижней горизонтальной стороны квадрата, в котором расположен пункт, а затем у левой вертикальной.

Действительную наглядную картину местности создают на топографической карте с помощью условных знаков. Без знания условных знаков невозможно прочитать карту, также, как нельзя прочитать книгу, не зная букв. Условные знаки, принятые для наших топографических карт, просты, удобны для запоминания и в большинстве своем имеют начертание, напоминающее внешний вид изображаемого предмета местности.

К изобразительным свойствам условных знаков, кроме внешнего подобия, относится и цвет. Он придает карте красочность, наглядность, позволяет обогатить ее содержание. Цвета, принятые для некоторых условных знаков, соответствуют окраске изображаемых объектов. Так, лесные массивы, кустарники, сады и парки изображают зеленым цветом; моря, реки, озера, источники — голубым; элементы рельефа — коричневым. Это — традиционные цвета, применяемые на картах всего мира. Другие цвета имеют меньшее распространение.

В своем начертании условные знаки имеют такие элементы, которые позволяют определять точное местоположение любого объекта. Ими являются точки и линии контуров, осевые линии дорог и главные точки внемасштабных условных знаков, находящиеся в строго определенных местах значков в зависимости от их формы (в центре знака, середине основания или вершине угла).

Обратите внимание: условные знаки отдельного дерева, ветряного двигателя, бензоколонки и некоторых других предметов имеют у основания подсечку в виде черточки, направленной вправо. Эта подсечка имеет давнюю историю. Когда-то для наглядности карты условные знаки оттенялись. Оттенение их производилось в определенном порядке, принимая во внимание условное освещение местности с северо-запада на юго-восток. На топографических картах север находится наверху, а запад слева, поэтому изображаемые местные предметы предполагались освещенными сверху и слева. При таком условном освещении стороны предметов, находящихся в тени, изображались утолщением их очертаний. У возвышенных предметов оттенялись правые и нижние стороны. Углубленные предметы, такие, как реки, пруды, озера, оттенялись утолщением их левых и верхних берегов.

А как же оттенять внемасштабные условные знаки, у которых имеется всего одна вертикальная линия? Вот для них в то время и условились давать у основания не-

большую подсечку вправо, которая изображает как бы тень от предмета.

Основу содержания топографических карт составляют графические условные знаки. В дополнение к ним для качественной характеристики предметов местности применяют буквенно-цифровые обозначения. Они дают возможность более объективно оценить тот или иной объект местности. Вот, например, что можно узнать о реке по буквенно-цифровым обозначениям: ширину, глубину и скорость течения реки, характер грунта дна, глубину бродов, размеры и грузоподъемность мостов, паромов.

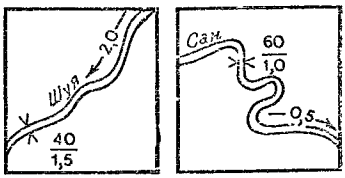


Рис. 42. Какая река более полноводна?

По буквенно-цифровым обозначениям можно решать различные практические задачи. Например, пусть на территории области протекают две реки: Шуя и Сан (рис. 42). Какая из рек более полноводна и на какой можно построить более мощную гидроэлектростанцию?

Для решения задачи нужно прежде всего знать среднюю скорость течения воды в каждой реке. Топографы очень предусмотрительны, и, зная, что скорость может потребоваться для разных расчетов, они определяют ее во время съемки. Скорость течения выражают числом метров, преодолеваемых рекой за одну секунду, и подписывают на карте в разрыве стрелки, указывающей направление течения. Нужно знать еще поперечное сечение водного потока — то, что называют площадью живого сечения реки. Для определения этой величины воспользуемся другими числовыми данными — шириной и глубиной реки. Их подписывают на карте в виде дроби, в числителе которой указана ширина, а в знаменателе — глубина реки в метрах. Все необходимые данные у нас имеются.

Прежде всего определим площадь живого сечения каждой реки. Нам известно, что все реки, как правило, имеют постепенное увеличение глубины. Для приближенных расчетов можно считать, что указанная на карте глубина проходит не по всему участку поперечного сечения, а только по половине его. Таким образом, живое сечение реки имеет форму трапеции, площадь которой,

как известно, равна произведению полусуммы оснований на высоту. Для реки Шуя трапеция имеет основания 40 и 20 м, и высоту 1,5 м, следовательно ее площадь составит $[(40+20)/2]1{,}5=45$ м². Для реки Сан размеры трапеции равны соответственно 60, 30 и 1,0 м; площадь ее равна $[(60+30)/2]1{,}0=45$ м².

Такое количество воды проносилось бы в каждой реке ежесекундно, если бы скорость течения составляла 1 м/с. В нашем случае река Шуя имеет скорость течения 2 м/с, а река Сан — 0,5 м/с. Значит, расход воды за 1 с в реке Шуя составит 90 м³, а в реке Сан — всего 22,5 м³, т. е. в 4 раза меньше.

Очень много интересных задач можно решать и по горизонталям, которые отображают рельеф местности на топографических картах. Даже простой овал одной горизонтали с бергштрихом может рассказать о многом: о том, что это форма рельефа суши и что эта форма положительная, о ее ориентировке в пространстве, высоте над уровнем моря, очертаниях и размерах. Если дополнить этот простой рисунок одной-двумя горизонталями, проходящими на известной высоте, то это позволит определить по карте высоту и направление уже более крупной формы земной поверхности, крутизну и направление ее склонов, а также абсолютные высоты и относительные превышения любых точек местности в пределах площади, оконтуренной нижней горизонталью.

Горизонталь — это след сечения земной поверхности горизонтальной плоскостью. А если земную поверхность пересечь вертикальной плоскостью, то в результате получится профиль рельефа местности.

Профили можно строить не только по прямым линиям, но и по любым кривым, например по дорогам, как это показано на рис. 43, *а*. Для его построения на бумаге прочертим ряд параллельных линий, равных по длине протяженности дороги в масштабе карты (рис. 43, *б*). Расстояние между ними, соответствующее высоте сечения, берется равным 3—5 мм, а число линий равно числу горизонталей на данном участке, не считая равнозначных. Слева у параллельных линий подпишем отметки горизонталей, при этом меньшая по величине отметка должна быть внизу. Затем на карте по дороге наметим перегибы скатов (в нашем примере точки № 1, 2, 3, 4) и перенесем их на нижнюю линию. На исходном и конечном пунктах, а также на точках перегибов скатов

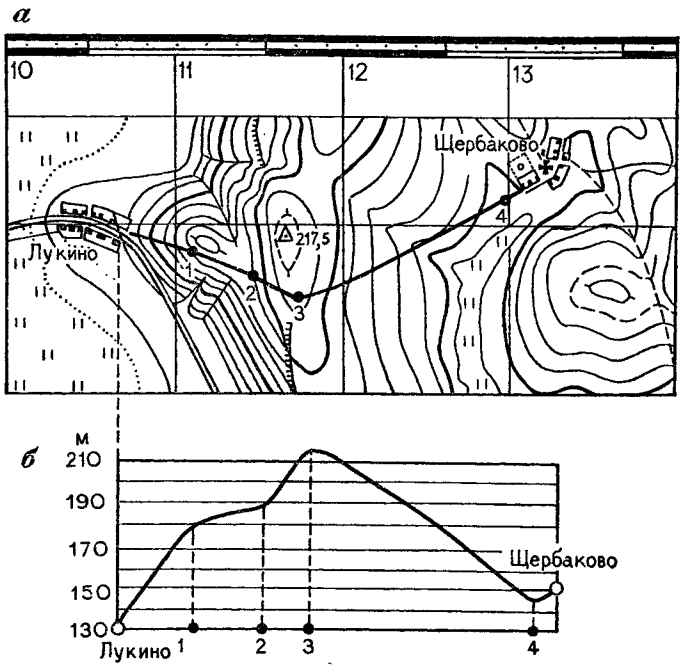


Рис. 43. Профиль рельефа вдоль дороги

определим по карте их абсолютные высоты. Они получились равными: окраина Лукино — 130 м, № 1 — 180 м, № 2 — 190 м, № 3 — 212 м, № 4 — 145 м, окраина Щербаково — 150 м. От этих точек, перенесенных с карты на нижнюю линию чертежа, восставим перпендикуляры до пересечения с соответствующими по отметкам параллельными линиями. Точки пересечения соединим плавной линией и получим профиль нашего пути, который учитывает все неровности рельефа. В то же время он условный, так как вертикальные размеры на нем значительно больше, нежели полагалось бы по масштабу карты.

Если нужно представить вид земной поверхности с какой-либо точки, можно построить силуэт местности. Как это делается, видно на рис. 44. Вначале находят все водораздельные линии и на каждую из них строят профиль. Изображают при этом только те части профиля, которые не закрываются впереди лежащими возвышенностями.

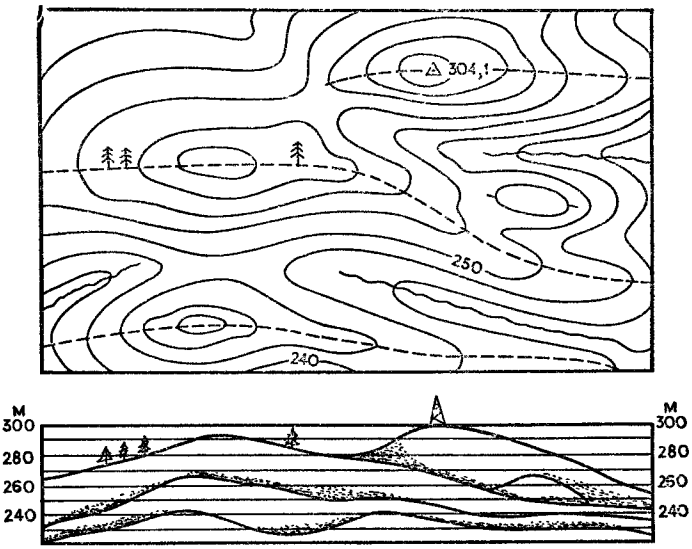


Рис. 44. Силуэт местности

Очень наглядно и вместе с тем достаточно точно рельеф какого-либо участка изображается на блок-диаграмме, которую нетрудно составить по топографической карте (рис. 45). Блок-диаграмма — это трехмерный рисунок, совмещающий перспективное изображение поверхности и профили по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Благодаря своей наглядности и трехмерности такие чертежи позволяют лучше представить взаимосвязи между явлениями, произвести измерения и сопоставления. По профильным плоскостям показывают обычно какую-либо геологическую структуру — виды грунтов, распределение вечной мерзлоты, грунтовых вод и др.

Блок-диаграмма строится в аксонометрической проекции, у которой оси располагаются под углом 120° друг к другу. Прежде всего трансформируем квадратную сетку топографической карты (рис. 45, *а*), направив ее стороны по горизонтальным аксонометрическим осям (рис. 45, *б*). Длины сторон при этом сохраняются неизменными. Затем у вершин каждой клетки выписываем абсолютные высоты, определенные по карте, и их значения в выбранном масштабе откладываем вдоль вертикальной оси. Соединив вершины отложенных отрезков, получим

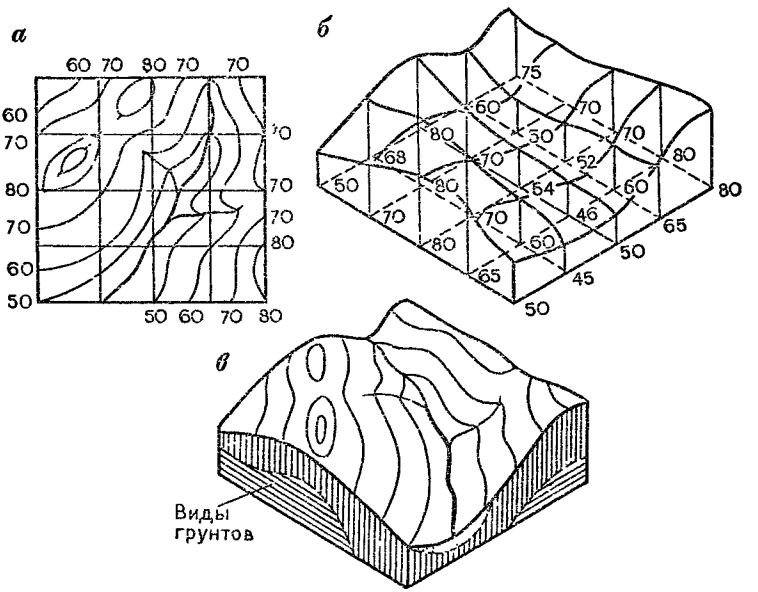


Рис. 45. Блок-диаграмма

сетку квадратов в аксонометрической проекции. На эту сетку переносим с карты по клеткам горизонтали, реки и другие объекты. Подписи высот сотрем; на профильные грани нанесем геологические данные, и блок-диаграмма готова (рис. 45, *в*).

Масштабы вдоль боковых граней блок-диаграммы остаются теми же, что и на карте, а по вертикали масштаб равен масштабу профиля. Это позволяет проводить измерения на полученной модели в любых направлениях. Само же название «аксонометрия» означает «осеметрия», т. е. возможность вести измерения вдоль осей.

Если две поверхности, изображенные горизонталями на картах одного и того же масштаба, совместить, то можно произвести простейшие арифметические действия: сложение или вычитание рельефа поверхностей. При этом получится новая карта с изолиниями сумм или разностей. Задача сложения поверхностей может возникнуть, например, при подсчете мощности различных отложений. Вычитание одной поверхности из другой применяется при подсчете объема снесенного и отложенного материала,

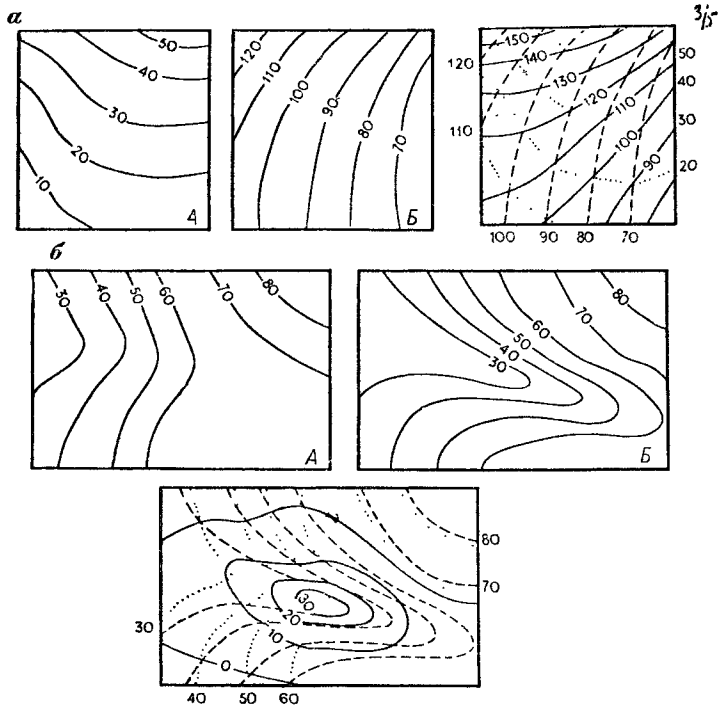


Рис. 46. Сложение и вычитание поверхностей

при определении поверхности стока воды и в других случаях.

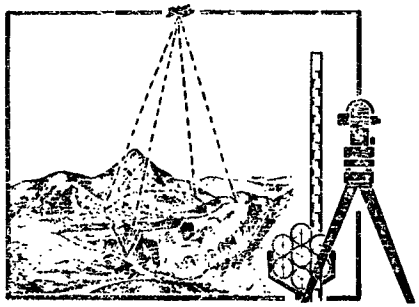
Пусть требуется суммировать поверхности *А* и *Б* (рис. 46, *а*). Совместим обе карты. В точках пересечения изолиний определим суммы, и по ним проведем изолинии сумм *А*+*Б*. Легко заметить, что изолинии сумм обычно проходят по диагоналям четырехугольников, образованных пересекающимися изолиниями слагающих поверхностей. Это избавляет от обязательного суммирования значений в каждом пересечении и позволяет проводить изолинии сумм механически.

Графическое вычитание поверхностей рассмотрим на рис. 46, *б*. Здесь приведены два разновременных изображения одного и того же участка топографической поверхности. В первом случае *А* показана начальная стадия развития эрозионной формы, а во втором — *Б* — сформи-

ровавшаяся ложбина. Для подсчета объема снесенного грунта необходимо сперва получить разность поверхностей *А—Б*.

Как и в предыдущем примере, горизонтали совмещают на общей основе, а затем точки пересечения одноименных горизонталей соединяют плавной кривой. Получилась нулевая изолиния. Способ проведения остальных изолиний разности ясен из рисунка: он аналогичен проведению изолиний сумм. Получив карту разности, можно затем подсчитать объем снесенного грунта.

Рельеф, выраженный горизонталями, на первый взгляд не кажется наглядным. Но после небольшой тренировки в чтении рельефа карта перестает казаться нам плоским листом бумаги: она как бы приобретает третье измерение. Чтобы быстро ориентироваться в характере рельефа, сначала находят на карте наиболее низкие участки местности. Их легко обнаружить по расположению рек, озер, лугов, болот, песчаных отмелей и т. п. Затем постепенно от низин переходят к более высоким участкам. По виду горизонталей определяют лощины и хребты, а по густоте горизонталей выявляют характер склонов и их крутизну.



РОЖДЕНИЕ КАРТЫ

ПУТЬ СОЗДАНИЯ КАРТЫ

Мало кто знает, каких усилий стоит создание карты. В нее вложен кропотливый и нелегкий, зачастую полный лишений труд многих людей различных специальностей. Летчики произвели аэрофотосъемку, геодезисты создали каркас карты в виде пунктов триангуляции, фотограмметристы и топографы выполнили дешифрирование аэроснимков, показали условными знаками предметы местности и зарисовали рельеф, картографы отредактировали содержание карты, чертежники оформили издательский оригинал, и, наконец, картоиздатели отпечатали тираж (рис. 47).

Так, пройдя большой путь, рождается топографическая карта — подробная и точная красочная картина местности.

Не всегда карта была такой точной и подробной, и не всегда проходила она такой путь. Но общим в «биографии» карты остается одно: она рождается в результате съемки местности. Способов съемки существует много — от простейших, в результате которых получаются схематические карты, до самых совершенных, с применением сложнейшей аппаратуры, обеспечивающей высокую точность.

ПРОСТЕЙШИЕ СЪЕМКИ

Съемки местности проводились еще в глубокой древности. Задолго до нашей эры египтяне разработали приемы деления земельных участков в прибрежной полосе Нила. Это приходилось делать часто, так как Нил ежегодно

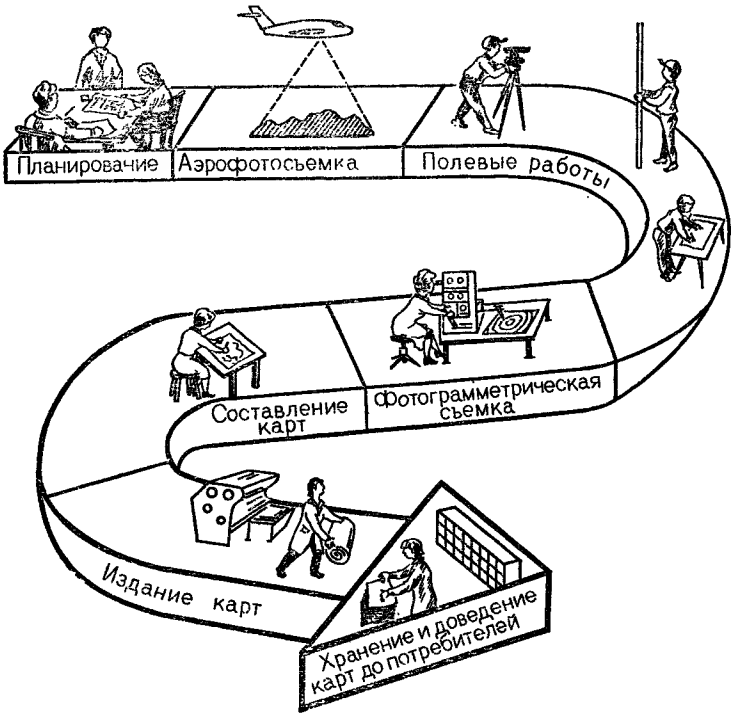


Рис. 47. Путь создания карты

разливался в период дождей и менял свое русло. Вероятно, египтяне сначала делили земельные участки, не пользуясь предварительно составленным планом размежевания. Трудности этой задачи бесспорны. Можно предполагать, что вскоре появилась идея начертить план местности с сохранением подобия фигур — форм участков местности. Появился масштаб — один из важнейших признаков плана. Несмотря на то, что точность планов в древнее время была невысокой, тем не менее люди уже тогда пользовались ими для решения практических задач.

Сейчас каждый из вас может легко сделать простейший план любого участка местности. Для съемки требуется планшет — картонная папка с наклеенным листом бумаги и прикрепленным компасом, а также трехгранная линейка для визирования, карандаш, резинка и булавка. При съемке планшет можно держать в руке, подвесить

на груди с помощью ремешка, положить на пень и т. п., но удобнее пользоваться подставкой для планшета, изготовленной из трех палок, скрепленных в виде треноги.

На небольшом участке съемку ведут полярным способом с одной точки стояния, которую выбирают в таком месте, откуда видна вся снимаемая местность. На планшете в точку стояния вкалывают булавку. Затем ориентируют планшет и производят визирования на местные предметы. Для этого линейку прикладывают к булавке, слегка поворачивая, поочередно наводят на снимаемые предметы и откладывают расстояния до них. При каждом визировании планшет ориентируют, т. е. следят за тем, чтобы отсчет по компасу против северного конца магнитной стрелки был одним и тем же.

Измерение расстояний до предметов можно производить шагами. Обычно длина шага равна половине человеческого роста, считая до уровня глаза. У взрослого человека она составит в среднем 0,7—0,8 м.

Для получения наиболее точных результатов измерений необходимо проверить длину своего шага — узнать так называемую «цену» шага. Проверку лучше всего вести на шоссейной дороге с километровыми столбами. Расстояние между ними нужно пройти несколько раз ровным шагом, после чего вычислить его среднюю величину.

Допустим, в 1000 м среднее количество шагов получилось равным 1430. Значит, длина шага будет равна 0,7 м (1000/1430).

Шаги считают обычно парами. Замечено, однако, что при счете шагов парами та нога, под которую ведется счет, устает быстрее, поэтому шаги удобнее считать тройками. В этом случае счет будет приходиться поочередно то на левую, то на правую ногу. После небольшой тренировки можно привыкнуть считать шаги механически, не сбиваясь со счета при рассматривании местности.

Если участок местности имеет значительные размеры, то съемка ведется с нескольких точек стояния (переходных точек). Каждая последующая переходная точка определяется прочерчиванием направления с предыдущей точки и откладыванием расстояний в масштабе съемки (рис. 48). Удаленные предметы, видимые с точек стояния, можно наносить засечками (таким способом нанесен сарай). Рекомендуется вначале определить на планшете

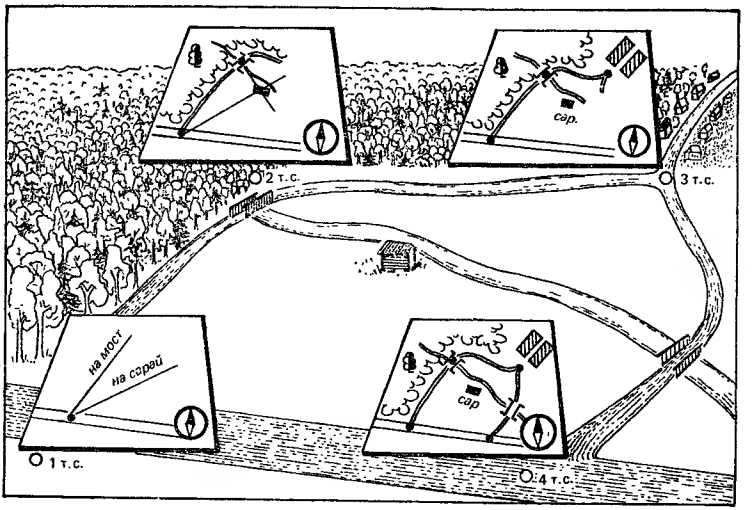


Рис. 48. Глазомерная съемка участка местности

положение переходных точек, а уже затем вести с них съемку обычным полярным способом.

Глазомерная съемка особенно широко применяется по маршрутам следования туристов, путешественников. В этом случае масштаб съемки будет более мелким и зависит от протяженности маршрута: чем больше маршрут, тем мельче масштаб. Расстояния между переходными точками должны быть максимальными и, как правило, совпадать с точками поворотов. Их определяют с помощью шагомера или по времени движения. Местные предметы по сторонам хода снимают обычно на глаз. Основные ориентиры и контуры можно получить полярным способом или засечками с переходных точек.

Для глазомерной съемки используют те же условные знаки, что и для топографических карт. Особыми знаками вычерчивают населенные пункты, леса и кустарники. Населенные пункты изображают общим контуром с разрывами проездов, к которым подходят дороги; внутри контура дается штриховка с юго-запада на северо-восток. Условный знак леса вычерчивается в определенном порядке. По линии контура, которая впоследствии должна быть аккуратно стерта, вписываются через небольшие интервалы крупные полуовалы. Затем они соединяются

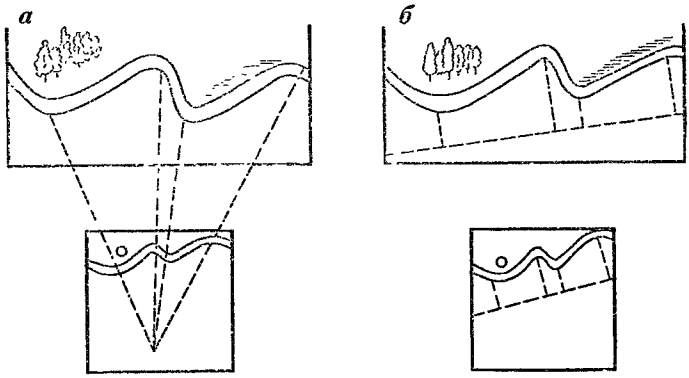


Рис. 49. Разновидности съемок местных предметов:
а — полярный способ; *б* — при помощи экера

между собой более мелкими полуовалами. Кусты обозначаются одним крупным и тремя более мелкими овалами.

Более точной из простейших съемок местности является экерная, т. е. съемка по перпендикулярам. В отличии от полярного способа (рис. 49, *а*) здесь каждый элемент местности наносят, откладывая измеренные расстояния по двум взаимно перпендикулярным направлениям (рис. 49, *б*).

Основной прибор такой съемки — экер — прибор для построения прямых углов; его легко сделать самим. Возьмите две гладкие дощечки, скрепите их крест-накрест и насадите на палку с заостренным концом. С помощью линейки и угольника нанесите на крестовине две взаимно перпендикулярные линии, на концах дощечек воткните по булавке — экер готов. Чтобы построить на местности прямой угол, установите прибор на исходную точку и смотрите вдоль булавок, закрепленных на одной дощечке. В створе этих булавок ваш товарищ должен поставить вешку. Вторая вешка устанавливается в створе двух других булавок.

Вместо экера можно воспользоваться обычным треугольником. Приложите треугольник прямым углом к глазу и по одному катету свизируйте на вешку, от которой хотите отложить прямой угол. Не перемещая треугольник, осторожно переведите взгляд вдоль другого катета и в этом направлении выставьте вешку или заметьте какую-либо точку местности.

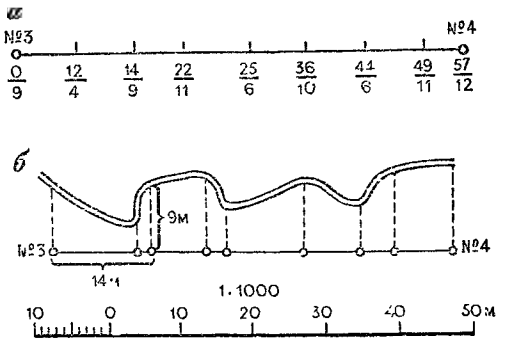


Рис. 50. Абрисная линия (*а*) и составленный по ней план ручья (*б*)

Наиболее просто перпендикуляр можно построить на глаз. Делается это так. Вытяните одну руку вдоль плеч в направлении линии, от которой нужно отложить прямой угол, а вторую — с приподнятым на уровне глаз большим пальцем — вперед. Смотрите на большой палец правым глазом, если вытянута правая рука, и левым — если вытянута левая рука. Вам остается лишь отметить на земле прямую линию от места, где вы стояли, к замеченному предмету — это и будет искомый перпендикуляр. Несмотря на свою простоту, этот прием при некоторой тренировке обеспечивает достаточную точность построения на местности прямых углов.

При экерной съемке план вычерчивают дома, как говорят топографы — в камеральных условиях. А в поле на каждую съемочную линию составляют абрис, на котором схематически наносят местные предметы и подписывают расстояния до них. Расстояния указывают в виде дроби: в числителе — от начала линии до основания перпендикуляра, в знаменателе — по перпендикуляру до предмета (рис. 50).

Познакомимся еще с одним оригинальным способом глазомерной съемки.

Известный ученый-исследователь С. В. Обручев в 1932 г. прибыл с экспедицией на крайний северо-восток. Предстояло обследовать весь Чукотский полуостров. Труден для любых работ район Арктики. Нелегко было организовать географические исследования на таких обширных пространствах. Как же это сделать: на оленях, собаках, лыжах? Понятно, что таким способом экспедиция не смогла бы выполнить поставленную задачу.

С. В. Обручев и его спутник — картограф К. А. Салищев решили организовать географические исследования с помощью самолета. С высоты 1000—1500 м отважные исследователи вели воздушную визуальную съемку по маршрутам. Вдоль точно проложенных линий полетов исследователи зарисовали полосы местности шириной до 50 км. Эти полосы служили основой для создания карты, по которой в дальнейшем проводились наземные исследования.

СЪЕМКА С ВЫСОТЫ ПТИЧЬЕГО ПОЛЕТА

Еще в прошлом столетии во время путешествий Н. М. Пржевальского и Д. Ливингстона воздушная фотосъемка стала проникать в топографию. Пионером воздушного фотографирования был близкий друг писателя-фантаста Жюля Верна воздухоплаватель Феликс Турнашон, известный под именем Надара. В 1858 г. он поднялся на аэростате над Парижем и произвел съемку города с высоты птичьего полета. Это была сенсация.

Прошло менее века, и фотографирование с воздуха, называемое аэрофотосъемкой, заняло ведущее место при создании карт. В ясные дни в небе появляется самолет. Он летит по участку с запада на восток, фотографируя местность через равные промежутки времени. Пролетев маршрут, самолет разворачивается и летит обратным курсом по новому маршруту, перекрывая на треть уже пройденный соседний маршрут.

Широкому распространению аэрофотосъемки способствовало исключительно быстрое получение изображений огромных пространств земной поверхности для составления топографических карт. Во время съемки фотопленка запечатлевает все детали земной поверхности с точностью, не доступной самому зоркому наблюдателю.

Преимущество аэрофотоснимков заключается в том, что они совершенно свободны от субъективного восприятия наблюдателя. На каждом аэрофотоснимке изображается довольно большой участок местности, что позволяет подробно и точно определить взаимное положение местных предметов и элементов рельефа.

На аэрофотоснимке можно безошибочно опознать (дешифрировать) населенные пункты, выделить массивы леса, проследить реки, дороги. Специалисты доста-

точно точно отличают обычный лес от редкого или низкорослого, луг от пашни и т. д. Вместе с тем процесс дешифрирования аэрофотоснимков не является угадыванием того, какие объекты на них изображены. Оказывается, если внимательно рассматривать аэрофотоснимки, то можно обнаружить определенные закономерности, называемые дешифровочными признаками. Такие признаки, которые на всех аэрофотоснимках соответствуют одним и тем же объектам местности, принято называть прямыми. К ним чаще всего относят размер, форму и тон изображения. Кроме прямых имеются косвенные признаки топографического дешифрирования, которые позволяют довольно точно определять объект в совокупности с другими. Примером может служить брод, который легко опознается по дорогам, подходящим к нему с обоих берегов реки.

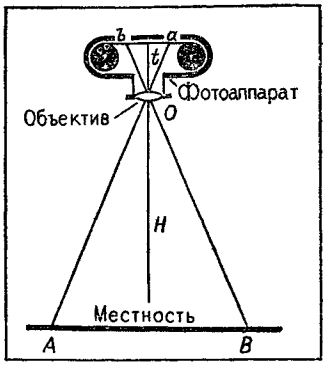


Рис. 51. Схема воздушного фотографирования

Материалы воздушного фотографирования используются не только в картографии, но и во многих других областях народного хозяйства. В этих целях наряду с аэрофотоснимками нашли широкое применение космические снимки, с которыми вы познакомитесь в следующем разделе.

Одной из основных характеристик аэрофотоснимка является его масштаб. Отчего же он зависит? Во-первых, от высоты фотографирования. С малых высот получают крупномасштабные аэрофотоснимки, а чем больше высота съемки, тем масштаб снимка мельче. Тем не менее с таким ответом согласиться нельзя. Взгляните на рис. 51, где показана схема воздушного фотографирования. Лучи от точек местности A и B проходят через центр объектива O и попадают на пленку соответственно в точках a и b. Из подобия треугольников ABO и abO можно вывести следующую зависимость:

$$ab/AB = f/H.$$

Отношение ab/AB и есть масштаб фотографирования. Он обычно выражается в виде дроби, числителем

которой будет единица, а знаменателем — число, показывающее, во сколько раз размеры на карте или аэроснимке меньше соответствующих размеров на местности. А что же представляют собой обозначения f и H? Буквой f обозначено расстояние от объектива до пленки. Кто знаком с фотографированием, тот знает, что его называют фокусным расстоянием фотоаппарата. Что касается второй величины, обозначенной буквой H, то это и есть высота съемки. Значит, масштаб аэроснимка зависит не только от высоты фотографирования, но и от фокусного расстояния фотоаппарата. Чтобы убедиться в этом, решим задачу. Съемка выполнена в первом случае с самолета, пролетавшего на высоте 12 км, фотоаппаратом с фокусным расстоянием 0,2 м, а во втором случае — со спутника, удаленного от Земли на 150 км, фотоаппаратом с фокусным расстоянием 3 м. В каком случае масштаб аэрофотоснимка будет более крупным?

Подставив исходные данные в формулу, в первом случае получим

$$1/m = 0{,}2/12\,000 = 1/60\,000,$$

а во втором

$$1/m = 3/150\,000 = 1/50\,000.$$

Как видите, масштаб аэроснимка во втором случае получился крупнее, несмотря на то, что высота фотографирования была значительно большей.

На первый взгляд кажется, что по аэрофотоснимкам можно легко создать карту. Однако это процесс сложный, состоящий из множества операций. Прежде всего аэрофотоснимки нужно привязать к опорным пунктам, координаты которых определены геодезическими измерениями с высокой точностью. Сеть опорных пунктов — это геометрическое обоснование карты, своего рода ее каркас. Любая точка, изображенная на аэрофотоснимке, занимает строго определенное положение относительно опорных пунктов. Во-вторых, аэрофотоснимки по своим измерительным свойствам отличаются от карты, так как на них местность изображается в центральной проекции, а не в ортогональной, как на топографической карте.

В центральной проекции изображение на плоскости получается путем проектирования земной поверхности из одной точки — центра проекции. В этом случае пол-

ное подобие изображения с местностью может быть только при условии, что плоскость, на которой получается изображение, строго параллельна фотографируемой поверхности. В действительности это случается весьма редко.

Из-за колебаний самолета в полете оптическая ось аэрофотоаппарата отклоняется от вертикального положения, и поэтому фотографирование производится под некоторым углом. Кроме того, фотографируемая местность не является ровной горизонтальной плоскостью, а имеет рельеф. Вследствие указанных причин изображения контуров местности на аэроснимке получаются искаженными, т. е. смещенными от того положения, которое они должны занимать на карте. Поэтому, прежде чем превратиться в карту, аэроснимки проходят обработку на различных приборах.

СЪЕМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Люди определили размеры нашей планеты, измерили площади стран, высоты поверхностей горных вершин, глубины морей и океанов, построили города, каналы и дороги, проложили путь в межпланетное пространство кораблей. Каждое из этих достижений человеческого разума не обошлось без широкого применения одной из древнейших наук о Земле — геодезии, что в переводе с греческого означает «землеизмерение».

Карта Земли также не могла быть составлена без длительной и кропотливой работы геодезистов, определявших шаг за шагом на протяжении многих лет координаты опорных пунктов на земной поверхности. Эти пункты, нанесенные по координатам на сетку параллелей и меридианов, представляют съемочное обоснование, позволяющее определять по карте точное положение любого земного объекта.

Географические координаты геодезисты определяют по звездам с помощью высокоточных астрономических приборов, а вычисления производят по довольно сложным формулам. Раньше решать эту задачу было намного труднее: широту определяли приблизительно по высоте Полярной звезды, а вот с долготой дело обстояло совсем плохо. Чтобы узнать долготу места, скажем, Пулково, где помещается главная обсерватория нашей страны, по отношению к Гринвичу, через который прохо-

дит нулевой меридиан, нужно точно знать, на сколько часов, минут и секунд разнится местное время этих пунктов. Сейчас это сделать легко: есть очень точные часы, есть радио. А всего сто с небольшим лет назад для того, чтобы сравнить пулковское время с гринвичским, пришлось снаряжать морскую экспедицию из нескольких кораблей, на которых везли 81 хронометр!

Астрономические наблюдения, с помощью которых определяют местоположение пунктов на земной поверхности, очень громоздки и требуют больших затрат времени. В 1614 г. голландский астроном В. Снеллиус предложил очень простой и точный способ определения опорных точек, который получил название триангуляции. Достаточно иметь всего два астрономических пункта A и B (рис. 52), и от них по измеренным углам α и β треугольника можно получить третий пункт C; от третьего и одного исходного пункта — четвертый D и т. д. Так, переходя от одного видимого издалека пункта к другому, можно покрыть треугольниками громадную полосу на поверхности Земли — вдоль любого меридиана или параллели — и вычислить длину этих отрезков градусной сетки.

Достоинство триангуляции состоит в том, что она сокращает до минимума трудоемкие линейные измерения, которые сводятся к определению лишь одной стороны — базиса, правда, измеряют его с величайшей точностью и тщательностью. Углы воображаемых треугольников измеряют угломерным прибором — теодолитом. В зрительную трубу теодолита вначале наблюдают одну вершину треугольника, потом другую и затем по горизонтальному кругу прибора отсчитывают величину угла.

Геодезические пункты с большого расстояния плохо видны. Поэтому углы большей частью измеряли ночью, зажигая на их верхушках лампы. Потом придумали, как измерять углы и днем. Один из геодезистов забирался на вышку и пускал в вершину соседнего угла солнечный «зайчик» только не карманным зеркальцем, а сложной системой зеркал. Другой наблюдатель «ловил» в трубу этот солнечный «зайчик».

Топографам при съемке карт более удобно пользоваться не географическими, а прямоугольными координатами, которые отсчитываются от двух взаимно перпендикулярных осей. В математике горизонтальная линия служит осью абсцисс X, а вертикальная — осью

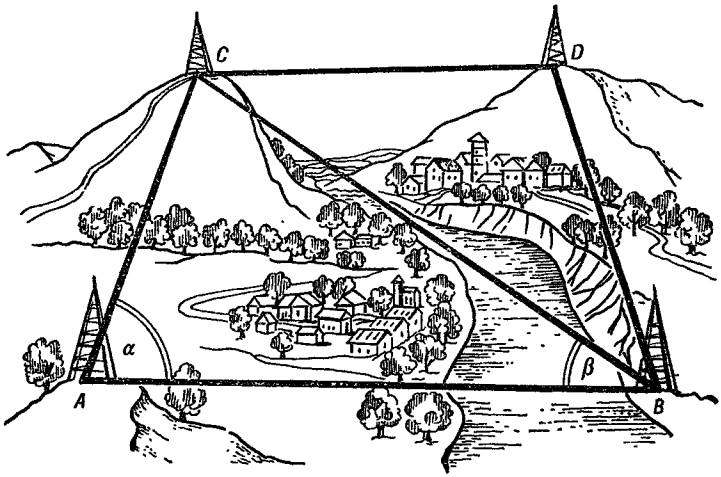


Рис. 52. Схема триангуляции

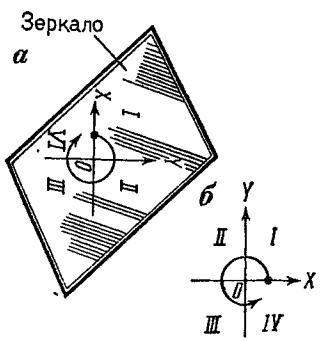


Рис. 53. Система плоских прямоугольных координат:
а — в топографии; *б* — в математике

ординат Y (рис. 53, *а*). В топографии оси повернуты на 90°, и являются как бы зеркальным отображением математических осей. На рис. 53, *б* за ось X принята вертикальная линия, совпадающая с направлением север — юг. Почему же топографы и геодезисты вошли в противоречие с математикой?

Различие в обозначении координат имеет строгое обоснование. Дело в том, что с древних времен люди пользовались компасом и по нему отсчитывали углы от северного конца магнитной стрелки. Карты, как известно, также ориентируются на север. Это в свою очередь повлекло за собой необходимость поворота осей коорди-

нат, с тем чтобы сохранились знаки тригонометрических функций и при вычислениях можно было бы пользоваться обычными математическими таблицами.

Какие же линии в топографии приняты за оси X и Y? Осью Y служит линия экватора. От него вверх и вниз отсчитываются абсциссы. Что касается ординат, то здесь дело обстоит несколько сложнее. Для топографических карт нельзя пользоваться одной осью, так как они составляются по частям — зонам, ограниченным шестиградусными меридианами. Поэтому в каждой зоне счет ординат ведется от своего осевого (среднего) меридиана, причем значение ординаты осевого меридиана условно принимается равным 500 км (при ширине всей зоны на экваторе 667 км). Это сделано для того, чтобы ординаты во всей зоне были положительными.

Между географическими и прямоугольными координатами существует довольно сложная математическая зависимость. Упрощенно перевод географических координат в прямоугольные можно выполнить так. Допустим, пункт расположен на 50° с. ш. и 22° в. д. Каковы будут его прямоугольные координаты?

Координата x, т. е. расстояние по дуге большого круга от экватора до пункта, будет примерно равна произведению значения широты в градусах на длину дуги одного градуса. Считая дугу меридиана в 1° равной 111,1 км, получим координату x. Она равна 5555 км.

Для определения координаты y нужно прежде всего знать, в какой зоне расположен пункт. В первой зоне находятся пункты с восточной долготой от 0 до 6°, во второй — от 6 до 12°, в третьей — от 12 до 18°, в четвертой — от 18 до 24° и т. д. Значит, наш пункт, имеющий восточную долготу 22°, находится в четвертой зоне. Осевой (средний) меридиан в этой зоне 21° в. д. Географическая долгота нашего пункта 22°. Значит, он отстоит от осевого меридиана к востоку на 1°. Дуга в 1° долготы на широте 50° (табл. 3) составляет 71,7 км. К полученному числу нужно прибавить 500 км. Это делают для того, чтобы влево от осевого меридиана не получались отрицательные значения координаты y. Значит, координата y равна 571,7 км. А чтобы знать, в какой зоне располагается пункт, впереди подпишем число, обозначающее номер зоны (в нашем примере 4). Таким образом, прямоугольные координаты пункта в метрах будут равны: $x=5\,555\,000$; $y=4\,571\,700$.

Вся система триангуляции в нашей стране берет свое начало от центра круглого зала в Пулковской обсерватории, координаты которого определены астрономическим путем с высокой точностью. Координаты остальных пунктов триангуляции получают путем вычислений.

Пункты триангуляции, или, как их еще называют, геодезические пункты, создают на поверхности Земли великолепную систему опорных пунктов топографических съемок. По известным прямоугольным координатам их наносят на съемочные планшеты и затем уже от них производят топографическую съемку.

В настоящее время на смену классической «земной» триангуляции приходит «космическая» триангуляция. Она выполняется с помощью специальных так называемых геодезических искусственных спутников Земли. Каждый спутник, имеющий на борту радиогеодезическую аппаратуру, запускают по определенной, заранее вычисленной орбите. Наблюдения за ним ведут с трех пунктов в одно и то же, строго определенное время. Кроме углов, как в обычной триангуляции, определяют расстояния до спутника по излучаемым с него радиосигналам, а по всем этим данным вычисляют координаты пунктов.

Плоские прямоугольные координаты x, y на картах дополняют еще одной координатой — абсолютной высотой над средним уровнем моря (в СССР — Балтийского).

Чтобы измерить и нанести на карту глубину впадин, уровень морей, рек и озер, высоту холмов и гор, геодезисты и топографы со штативом, нивелиром и трехметровыми рейками, делая измерения через каждые 100—150 м, пешком прошли всю нашу страну вдоль и поперек. Это они установили, что Черное море ниже Балтийского на 70 см. Чем же это объяснить?

Вспомним сведения о форме Земли. Она представляет собой негеометрическую фигуру, называемую геоидом. Для создания карты Земля принимается за эллипсоид вращения. Принятый у нас эллипсоид Ф. Н. Красовского, хотя и является наиболее подходящим для Земли, но все же не везде плотно облегает ее фигуру. Если в районе Балтийского моря поверхности геоида и эллипсоида совпадают, то в районе Черного моря поверхность эллипсоида будет выше на 704 мм. Разница здесь не-

большая, но и она учитывается при точных геодезических работах.

Высоты пунктов определяют не только геометрическим нивелированием, но и тригонометрическим: при прокладке триангуляции попутно с измерением горизонтальных углов на геодезических пунктах измеряют вертикальные углы, и по ним определяют превышения между пунктами. Таким способом, например, определялась абсолютная высота величайшей вершины мира — горы Джомолунгмы (Эверест). Еще задолго до ее покорения геодезисты различных стран пытались определить ее точную высоту, но результаты получались различными — от 8825 до 8889 м. Это объясняется тем, что вершина имеет неправильную форму и с различных мест видна по-разному. Для того, чтобы точно определить высоту, на ее вершине следовало соорудить геодезический знак. В 1975 году металлическая пирамида красного цвета высотой 3,5 м была установлена на Джомолунгме китайскими геодезистами. С девяти пунктов триангуляции, расположенных на высотах 5600—6400 м и на расстоянии 8,5—21,2 км от Джомолунгмы измерялись горизонтальные и вертикальные углы на визирную цель красной пирамиды. Одновременно была определена толщина снежного покрова на вершине. Окончательная абсолютная высота пика оказалась равной $8848{,}13 \pm 0{,}35$ м.

Геодезистов можно встретить в необжитой тайге, в городе, в тундре, пустыне, на любой стройке. Они со своими инструментами проводят на местности необходимые измерения, а затем приходят топографы и создают на основе измерений карты. Эти две специальности настолько близки, что в дальнейшем не будем их разделять, и, упоминая о топографах, подразумевать и геодезистов.

ОТ АЭРОФОТОСНИМКА К КАРТЕ

Положение на карте предметов местности, изображенных на аэрофотоснимке, может быть точным только в том случае, если они будут привязаны к сети опорных пунктов. Для этого каждый опорный пункт по своим координатам наносят на планшет — основу будущей карты. Затем аэрофотоснимки приводят к одному масштабу и приклеивают на планшет так, чтобы изображения опорных пунктов попали точно на соответствующие

точки, нанесенные по координатам. Таким путем получают так называемый фотоплан, с которым топограф выходит в поле, дешифрирует на нем предметы местности и рисует рельеф.

Аэрофотоснимки приводят к одному масштабу на специальном приборе — фототрансформаторе, который позволяет исключить перспективные искажения, но искажения из-за влияния рельефа еще остаются. Значит, таким способом можно создать карту только равнинной или слегка холмистой поверхности. А как же создаются карты горной или сильно холмистой местности?

На помощь приходят другие приборы. Наверное, каждый из вас знает, что такое стереоскоп. Это прибор, позволяющий рассматривать сразу два снимка: левый снимок левым глазом, а правый снимок — правым. При рассматривании в стереоскоп обе фотографии сливаются в одно четкое изображение, и тотчас же плоские невыразительные снимки превращаются в объемную модель местности. В одном месте веселая река огибает небольшой лесок; несколько домиков уютно располагаются на его опушке. В другом — небольшой городок, который разделило на две части асфальтированное шоссе. Изображение стало объемным и очень реальным. Этот стереоскопический эффект и лежит в основе создания топографических карт горной и сильно холмистой местности. Аэрофотосъемку ведут по намеченным маршрутам через определенные интервалы. При каждой последующей экспозиции фотографируют часть местности, которая была уже сфотографирована на предыдущем снимке. В результате каждая пара смежных снимков на участке перекрытия будет стереоскопической. При рассматривании такой пары в стереоскоп видят объемную модель местности, по которой можно воспроизвести не только местные предметы, но и рельеф.

Проблема составления карты по аэроснимкам была решена вначале при помощи очень примитивных, а затем все более совершенных приборов, позволяющих обрабатывать пары стереоскопических снимков. В разных странах было сконструировано множество так называемых восстанавливающих приборов. Общий принцип действия таких приборов заключается в том, что они воспроизводят по аэроснимкам точную модель местности в уменьшенном виде.

Из восстанавливающих приборов в нашей стране ши-

рокое применение получил стереограф (рис. 54), созданный лауреатом Ленинской премии Ф. В. Дробышевым. В камеры прибора вставляют перекрывающиеся аэроснимки, и перед объективом возникает стереоскопическая модель местности.

Вместе с изображением местности под объективом прибора появляется пространственная марка — крохотная черная точка. Ее видимое положение относительно поверхности стереомодели можно изменять вращением маховичков. Точка либо повиснет над поверхностью модели, либо погрузится в глубину воображаемой земной поверхности; задача топографа — посадить марку точно на поверхность. Ведя марку, не отрывая ее от поверхности, топограф прослеживает места, находящиеся на одной и той же высоте, и карандаш прибора, связанный с механизмом перемещения марки, вычерчивает горизонталь. Чтобы провести следующую горизонталь, на специальной шкале ставится отсчет, соответствующий следующей горизонтали, в результате чего марка поднимается или опускается на высоту сечения рельефа. Действия повторяют, и на планшете вырисовывается вторая горизонталь.

Для перенесения контуров с модели на планшет марку ведут по стереомодели, следя за тем, чтобы она все время касалась контура и одновременно не отходила от поверхности модели. Для этого марку нужно все время поднимать или опускать в зависимости от рельефа местности, по которой проходит контур. Так от аэроснимка местности переходят к пространственной модели, а от модели — к топографической карте.

В настоящее время на смену оптико-механическим приборам приходят компьютерная техника и другое современное оборудование, которое позволяет автоматизировать фотограмметрическую обработку аэроснимков. Основой его служит двойное сканирующее устройство. Сканирующий луч, пробегая по стереоскопической модели местности, созданной по аэроснимкам, отмечает не только положение различных контуров, но и высоты рельефа. Результаты обрабатываются компьютером и записываются на магнитную пленку. Впоследствии с этой ленты считывается картографическое изображение местности и печатается на бумаге будущий оригинал карты.

Связь оператора с оборудованием осуществляется с

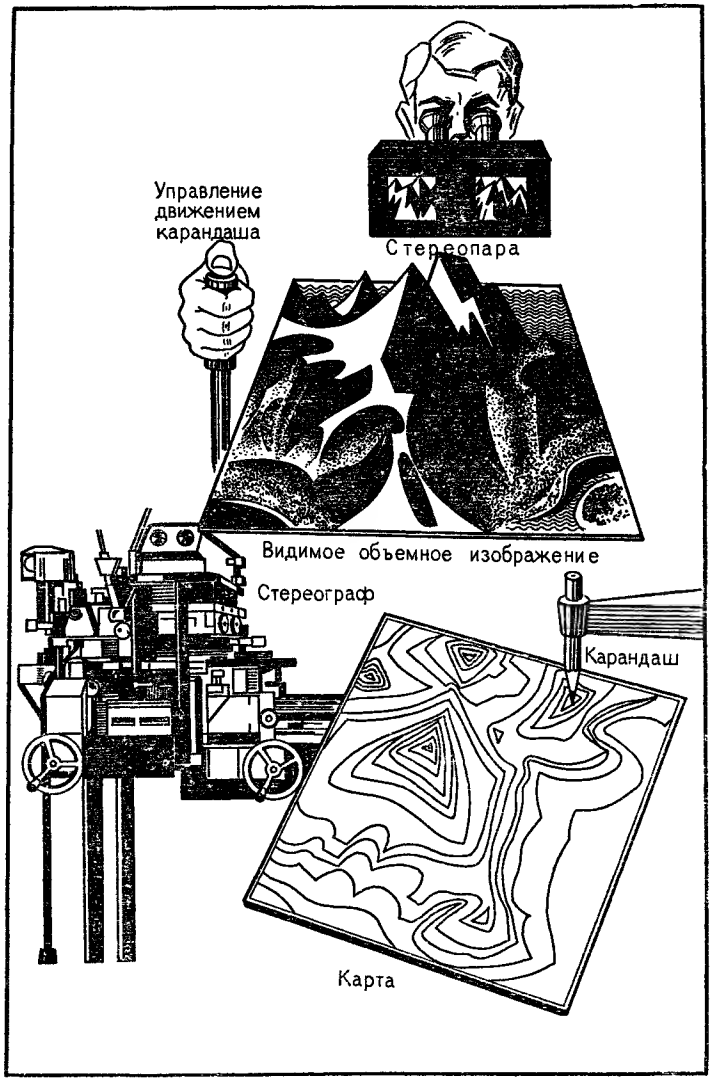


Рис. 54. Рисовка рельефа на стереографе

помощью дисплея, на экране которого воспроизводится изображение обрабатываемых аэрофотоснимков. Задача оператора — следить за работой приборов и своевременно вводить в компьютер необходимые данные.

КАРТА ТРЕБУЕТ ОБНОВЛЕНИЯ

Земная поверхность постоянно меняет свой облик, и топографы часто не успевают обновлять карту, т. е. наносить на нее все изменения; жизнь всегда опережает их. Практически не существует топографических карт, полностью соответствующих местности на данный момент, так как после окончания съемки требуется определенное время для вычерчивания и издания карты, а за это время на местности произойдут некоторые изменения.

Особенно быстро, буквально на наших глазах, происходят, изменения в районах нового строительства. Прокладываются дороги, вырастают электростанции, шахты и рудники, поселки и города, каналы и даже целые моря.

Но не только деятельность человека, а и сама природа изменяет местность. Примером может служить озеро Чад, расположенное в центральной Африке. В двадцатых годах прошлого столетия участники английской экспедиции достигли озера и сделали съемку его окрестностей. Через три десятилетия берега озера Чад посетил немецкий путешественник Барт. В отличие от англичан, взору которых, когда они подходили к Чаду, представилась водная гладь, Барт увидел сильно заросший водоем со сравнительно небольшими участками, свободными от растительности. А немного времени спустя вода в озере вновь стала заметно прибывать, оно широко разлилось, и в 1871 г. воды озера затопили и разрушили г. Нгигми, расположенный на северном его берегу.

Существенным изменениям подвергается побережье Каспийского моря. Оторванное от океана, оно живет своей особенной жизнью, чутко отзывается на колебания климата, сток речных вод, вековые движения суши. Его уровень меняется беспрестанно и весьма заметно. Менее чем за полстолетия уровень воды в море понизился более чем на 2 м, в результате чего исчезли заливы Кайдак и Комтак, а остров Челекен превратился в полуостров. С 1978 г. уровень Каспия стал повышаться и к 1986 г. поднялся на 1 м 14 см. Море затапливает портовые сооружения, пристани, прибрежные поселки,

зоны отдыха, производственные и жилые помещения, нанося большой ущерб людям. Появляются очертания исчезнувших заливов и полуостровов.

Известный советский писатель К. Паустовский в рассказе «Старинная карта» вспоминает, как он с большим трудом достал старую карту Мещерских лесов с пометкой: «Карта составлена по старинным съемкам, произведенным до 1870 года».

«Эту карту, — рассказывает писатель — мне пришлось исправлять самому. Изменились русла рек. Там, где на карте были болота, кое-где уже шумел молодой сосновый лес; на месте иных озер оказались трясины».

Все карты требуют периодического обновления — на обжитую территорию чаще, на необжитую реже. В настоящее время, когда наша страна полностью покрыта топографическими съемками, топографы решают не менее сложную задачу — обновление устаревших карт. Все то, что люди построили на земле к моменту обновления карты, будет отображено на ней. Условными знаками на карте будут обозначены новые города и поселки, заводы и гидроэлектростанции, искусственные моря, шахты и рудники. И не только крупные объекты появляются на картах, каждый вновь возникший овражек, посаженные сады и рощи, новые дороги и тропы — все изменения своевременно и с величайшей точностью фиксируют топографы при обновлении карт.

Меняется местность, меняются названия. Хорошо, если новые названия даны вновь возникшим объектам. Но бывает и утрата старых имен, и необоснованная замена их новыми. Это затрудняет работу историков, исследователей, ведет к нарушению установленных традиций.

Карта — это остановленные реки, застывшие горы и города. Человек меняет направление рек, взрывает скалы, строит новые города, карта же долгое время остается неизменной. Это фотография, запечатлевшая один момент в жизни Земли.

Мне приходилось бывать во многих краевых музеях нашей страны. И как бы хотелось начать знакомство с краем по старым картам, сравнить с новыми, чтобы лучше понять развитие края! К сожалению, их можно встретить очень редко.

О ТЕХ, КТО СОЗДАЕТ И ОБНОВЛЯЕТ КАРТУ

Строители дорог и трубопроводов, геологи, гидрологи, энергетики — все те, кого называют первопроходцами, работают там, где уже побывал до них топограф. Маршруты топографов пролегают по знойным пескам Каракумов и ледникам Антарктиды, в заоблачных высях Памира и по бурным водам Мирового океана. Топографы— это мужественные люди, любящие родную землю, готовые на риск и подвиги. Это они первыми наносили на карту вновь открытые земли.

Рассказывая о том, как были открыты те или иные земли, обычно называют несколько знаменитых имен, добавляя, что исследованиями занимались и другие. Что же они делали — эти другие — незаметные, скромные труженики науки?

Известный путешественник П. П. Семенов (Тян-Шанский) говорил, что в его работе есть очень существенный пробел. Экспедиция обследовала немало хребтов и рек, но их нельзя точно нанести на карту. Ведь чтобы показать на карте какие-либо объекты местности, нужно определить их географические координаты. Этого не смогла сделать экспедиция П. П. Семенова: в ней не оказалось геодезиста или топографа. По следам экспедиции Географическое общество направило энергичного и смелого человека — геодезиста А. Ф. Голубева, который блестяще справился с задачей, но имя которого так и осталось за словами «и другие».

В 1904 г. замечательный педагог, автор учебников «Топография» и «Картография» В. В. Витковский, как бы подытоживая деятельность военных топографов, говорил, что их работа не труд ремесленников, что топографическая деятельность проходит без зрителей, без постоянного побуждения начальства и без увлечения примером товарищей, при частых лишениях и даже голодовках. Она не имеет блеска военных кампаний, хотя сопряжена со всеми тягостями походной жизни. Тут поддерживает любовь к делу. Зато независимый характер работы, одиночество в лесах, ночевки в крестьянских избах или в палатках имеют в себе много привлекательного и даже поэтического. Невольно развивается присущее каждому чувство чести, побуждающее исполнять работу добросовестно.

Внешне топографическая работа не героическая, но если присмотреться к ней, вникнуть в нее, то мнение может измениться. Сколько в эту работу вкладывается труда, энергии, знаний, как много в ней самоотверженности, чувства ответственности, долга; как должен быть правдив и честен топограф, когда он выполняет свою сложную, очень нужную и важную работу!

Велики просторы нашей Родины — только в 1953 г. топографы и геодезисты завершили работу по созданию точных топографических карт, на которых каждый холм, овраг, каждая извилина реки, каждый поворот дороги нанесены на карту в единой системе геодезических координат.

Последние «белые пятна» оставались на Чукотском полуострове, и автору этой книги пришлось принимать участие в их картографировании. Нам поручалось дело огромной важности. Люди, занимающиеся исследованием Чукотки, изучением и промышленным освоением природных богатств края, нуждались в точной топографической карте, и мы были обязаны создать ее. Выполняя поставленную задачу, мы проникали в такие районы, где еще не ступала нога человека. Нелегким был этот путь. Но мы шли, чтобы за нами могли пройти другие, чтобы преобразился этот край, отдал свои богатства человеку. Мы поднимались на труднодоступные вершины, переправлялись через бурные реки, ночевали в легких палатках на снегу, постоянно подвергались разным опасностям, но мы с честью выполнили это почетное задание.

Сейчас вся территория страны покрыта съемкой, но топографам не приходится отдыхать. Земля живет, дышит, изменяется. Но не только обновлением карт занимаются сейчас топографы. Любая экспедиция — будь то геологи, мелиораторы, изыскатели дорог, или строители гидроэлектростанций — не обходится без топографов, которые первыми выезжают на место работ и составляют карту.

От заснеженных сопок Чукотки до янтарного побережья Балтики работают группы топографов и геодезистов. С рюкзаками на плечах идут они своими нелегкими тропами навстречу трудным переправам, топи, мошкаре, вездесущему гнусу. Природа есть природа, и первопроходцам не приходится рассчитывать на домашний уют. Они посещают самые различные районы, где

подчас не ступала нога человека, где на пути их ждет немало трудностей, неожиданностей и опасностей. Словно заправские альпинисты, они упорно поднимаются на высокие горные вершины, путешествуют по бескрайним пустыням, терпеливо пробираются сквозь тайгу, проникают за Северный полярный круг.

Подлинный героизм и творчество проявили топографы под руководством А. Маковкина при создании карты труднодоступных районов Памира. Они составили карту, умело применив комбинированный метод фототеодолитной и аэрофототопографической съемки. За разработку новой методики при создании карт на труднодоступные районы топографам в 1952 г присуждена Государственная премия, а за открытие высочайших пиков Памира — Золотая медаль Географического общества.

И сейчас на пути отважных топографов и геодезистов лежат неизведанные тропы, и сейчас встречаются трудности и лишения, особенно в суровых условиях Заполярья, Дальнего Востока, Средней Азии. Очень часто единственной транспортной артерией для топографа является река. Только по ней он может пробраться в недоступные места, где, рискуя жизнью, будет карабкаться по крутым склонам гор, отыскивая место для установки прибора или постройки геодезического знака. Бывает, что тундра, горы или река навсегда пресекают путь топографов. Тогда появляются на карте имена тех, кто не вернулся в строй: мыс Калашникова, скала Морозова, гора Семенова... Словно обелиски самоотверженному труду топографов и геодезистов, высятся заоблачные вершины гор — пик Триангуляторов и пик Топографов в Саянах, пик Военных топографов в горном массиве Тянь-Шаня...

Сегодня техника топографа уже не та, что была даже 20 лет тому назад. Современные полуавтоматические стереоприборы, гидротеодолиты, лазерные дальномеры и кварцевые хронометры — все это позволяет достигать высокой точности составления карты. Топогеодезические подразделения обеспечиваются современными средствами радиосвязи, вездеходами, вертолетами. Но техника никогда не заменит топографа — вечного путешественника-труженика, землемера.

В годы Великой Отечественной войны топографы мужественно выполняли задачи по топографическому обес-

печению боевых действий войск. Они были ближайшими соратниками артиллеристов, своевременно готовили им геодезические данные и производили топографическую привязку артиллерии, минометов и прославленных «катюш». По материалам аэрофотосъемки топографы наносили на карту отдешифрированные военные объекты противника, составляли фотосхемы, специальные карты и другие графические документы. В самых различных условиях они производили топографические съемки и рекогносцировки, обучали войска правильно использовать различные карты и другие сведения о местности, помогали командирам частей уточнять положение противника, делали макеты местности, по которым командующие войсками готовились к предстоящему бою.

И все же главная задача, которая стояла перед военными топографами во время войны, — это своевременно и полно обеспечить войска топографическими картами. Фронтовики хорошо знают цену карте, равную разве что цене боевого оружия. До сих пор многие участники войны помнят тревожные слова, порой летевшие из уст в уста вдоль колонн или в наступающих боевых порядках: «У командира кончается карта...» Звучало это так, будто офицер потерял зрение, позволяющее ему видеть дальше.

Каждое сражение начиналось с карты. На карте рождались замыслы полководцев. По карте строили свои расчеты и принимали решения командиры всех родов войск, всех рангов и степеней. Карта была нужна как оружие, как патроны и снаряды.

Сейчас кажется невероятным, что теми приборами, которыми располагали топографы, с июля по декабрь 1941 г. они выполнили топографические съемки на площади около полумиллиона квадратных километров, составили тысячи оригиналов карт. Карты печатали картографические фабрики, фабрика «Гознак», типография газеты «Правда». Еще «теплые» они поступали на передовую, на командные пункты, в штабы. Их требовалось очень много. Только для проведения операции «Кольцо» под Сталинградом войска получили около 10 млн. листов карт. Еще не закончилась Курская битва, а топографы уже работали над картами фашистской Германии. Залпы салютов, что гремели в честь победоносных сражений войны, были данью уважения и к подвигам военных топографов. На историческом параде Победы

в одном строю с пехотинцами, танкистами, летчиками и моряками шли топографы.

Командование всегда высоко ценило самоотверженный труд создателей карт. Легендарный полководец С. М. Буденный в своем приветствии по случаю пятидесятилетия Военно-топографической службы Советской Армии сказал, что с первых дней гражданской войны и до последних дней Великой Отечественной войны ему приходилось постоянно соприкасаться с военными топографами. У него всегда вызывали восхищение их огромное трудолюбие, скромность и безграничный патриотизм.

За образцовое выполнение боевых заданий в годы Великой Отечественной войны свыше 4 тыс. топографов, геодезистов и картографов были удостоены высоких правительственных наград. Основные итоги их труда во имя Великой Победы — это сотни миллионов отпечатанных карт, сотни тысяч отдешифрированных аэрофотоснимков и определенных геодезических пунктов для привязки артиллерийских батарей, многие тысячи уничтоженных объектов врага.

СЪЕМКА ИЗ КОСМОСА

ЧТО МОЖНО УЗНАТЬ ПО КОСМИЧЕСКИМ ФОТОСНИМКАМ

12 апреля 1961 г. гражданин Советского Союза Юрий Гагарин впервые в мире облетел земной шар на космическом корабле. Это была крупная победа советской науки и техники. Весь мир восхищался небывалым полетом в космос. С этого времени началась эра освоения человеком космического пространства.

Одним из направлений использования космических полетов стало фотографирование земной поверхности в интересах науки и народного хозяйства. Изображения ее, полученные со спутников, вносят много нового в наши представления о Земле. С каждым витком вокруг Земли получают серию фотографий, по которым ученые изучают богатейшую информацию о нашей планете.

Первыми воспользовались фотоизображениями со спутников метеорологи. Получив фотографии облачности, они убедились в правильности многих своих гипотез о физическом состоянии атмосферы. Выяснилось, что в зависимости от характера воздушных течений существуют ячейки с восходящим и нисходящим потоком воздушных масс. Огромную информацию дали спутники о дождевых облаках — источниках ливневых осадков, приносящих много бед людям. Полученные с борта спутника изображения облачности позволяют судить об изменениях атмосферы, а следовательно, более правильно предсказывать погоду. Благодаря использованию космических снимков ученые стоят ныне на пороге решения одной из сложнейших задач метеорологии — составления двух-трехнедельного прогноза погоды.

Космические фотоснимки весьма эффективно исполь-

зуют в геологии. С их помощью уточнены и дополнены геологические карты, разработаны новые методы поисков полезных ископаемых. В частности, на основе наблюдений из космоса обнаружены крупные разломы на территории Казахстана и Алтая, что позволило сделать некоторые выводы об их рудоносности. На основе полученных результатов составлен генеральный план проведения поисковых работ.

Геологический анализ космической информации используют для изучения структуры земной коры. С помощью съемок из космоса обнаружены скрытые глубинные разломы, громадные кольцевые образования. По снимкам изучают геологическое строение океанических мелководий и шельфовых зон.

В зависимости от масштаба изображения можно изучать континенты в целом, платформы, отдельные складки и разрывы. Обзор с космических высот позволяет сделать выводы о взаимосвязи отдельных структур с общим строением региона. При этом во многих случаях удается показать положение и уточнить строение поверхностной и глубинной структуры, погребенной под более молодыми отложениями. Это означает, что при анализе космических фотоснимков появляется новая информация об особенностях региона, что позволяет уточнить имеющиеся или составить новые геологические карты. В таком случае поиск полезных ископаемых становится более целенаправленным.

Наблюдения из космоса позволили получить данные, которые содействуют решению проблем сельского хозяйства. С их помощью следят за запасами влаги в почве, состоянием посевов, использованием пастбищ, прогнозируют урожай. В ряде засушливых районов по космическим снимкам удалось обнаружить грунтовые воды на небольших глубинах. Космическая информация дает возможность вести учет и оценку земель, следить за состоянием угодий, определять зоны, пораженные сельскохозяйственными вредителями, выбирать наиболее подходящие участки для пастбищ.

С помощью космических съемок уже сейчас решают одну из стоящих перед лесным хозяйством проблем — разработку метода учета лесов. По космическим снимкам ведут инвентаризацию лесных ресурсов, картографируют их и даже подсчитывают запасы древесины, следят за состоянием лесов, подверженностью их раз-

личным болезням, зараженностью вредителями. Съемки из космоса позволяют обнаружить лесные, тундровые и степные пожары и своевременно ликвидировать очаги возгорания. Космические снимки широко применяют и в географии. Основные задачи космической географии состоят в изучении окружающей нас природы и закономерностей ее изменений. С помощью космической техники мы имеем возможность судить о динамике рельефа земной поверхности, выявить основные рельефообразующие факторы, оценить разрушительные действия речных и морских вод и других сил природы. Не менее важно изучить из космоса растительный покров как обжитых, так и малодоступных районов. Космические снимки дают возможность узнать состояние снежного покрова и ледников для определения запасов снега. На основе этих данных прогнозируют водность рек, возможность снежных обвалов и схода лавин в горах, изучают динамику их движения, оценивают дождевой сток в засушливых районах, определяют площади затопления паводковыми водами.

С большой эффективностью космические методы применяют при исследовании Мирового океана. Оперативно получаемые снимки используются для изучения морских волнений, скорости движения океанских течений и оповещения о штормах и ураганах. Ледовые карты, составленные по снимкам, используют в навигации, а карты состояния поверхности океана применяют и при организации рыбного лова.

В группу специалистов, извлекающих из космических снимков ценную информацию, влились сегодня и археологи. Им удалось обнаружить погребенные и скрытые от глаз исследователя следы прошлого. Фотографии с орбиты помогли выявить в калмыцком Заволжье сотни древних поселений и археологические объекты, находящиеся под землей. На снимках хорошо видно, где когда-то пролегали дороги, жили люди, текли реки. Поиски таких объектов с помощью космических снимков продолжаются.

Широкому распространению съемки из космоса способствует исключительно быстрое получение фотоизображения обширных площадей земной поверхности. В качестве примера можно привести объем работы по фотографированию с космического корабля «Союз-22». За сравнительно короткий срок — всего 6 дней — было

получено около 14 тыс. снимков высокого качества, на которых сфотографировано 20 млн. км² земной поверхности.

В настоящее время для съемки широко используют многозональный космический фотоаппарат МКФ-6, разработанный специалистами СССР и ГДР и изготовленный в ГДР. Его шесть фотокамер позволяют вести спектрозональную съемку в шести диапазонах спектра электромагнитных колебаний. В результате получают серию фотографий, на каждой из которых видны только те объекты, которые отражают электромагнитные волны определенной длины. Если их сопоставить, то скрытое изображение на одном снимке будет отчетливо видно на другом. На таких изображениях цветопередача не соответствует реальным цветам природных объектов, а используется для увеличения контрастности между объектами. Вот почему спектрозональные снимки позволяют получить сведения о влажности и составе почвы, солености воды, ее загрязненности, увидеть геологические разломы, поля, засеянные различными культурами, и т. п.

Спектрозональные снимки широко используют в работе по комплексному исследованию малоизученных зеленых массивов Сибири и Дальнего Востока. Бескрайние просторы сибирских лесов впервые подверглись всестороннему изучению, причем применение космических фотоснимков позволило проводить работу одновременно на территории в миллионы гектаров.

КОСМИЧЕСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

Особенно широкое применение снимки из космоса нашли в картографии. И это понятно, потому что космический фотоснимок точно и с достаточной подробностью запечатлевает поверхность Земли и специалисты могут легко перенести изображение на карту.

Чтение (дешифрирование) космических снимков, так же как и аэрофотоснимков, основано на опознавательных (дешифровочных) признаках. Основными из них служат форма объектов, их размеры и тон. Реки, озера и другие водоемы изображаются на снимках темными тонами (черным цветом) с четким выделением береговых линий. Для лесной растительности характерны менее темные тона мелкозернистой структуры. Подробности горного рельефа хорошо выделяются резкими конт-

растными тонами, которые получаются на фотографии в результате различной освещенности противоположных склонов. Населенные пункты и дороги также можно опознать по своим дешифровочным признакам, но только под большим увеличением. На типографских оттисках этого сделать нельзя.

Использование космических снимков в картографических целях начинают с определения их масштаба и привязки к карте. Эту работу обычно выполняют по карте более мелкого масштаба, чем масштаб снимка, так как на нее приходится наносить границы не одного, а целого ряда снимков.

Сличая снимок с картой, можно узнать, что и как изображено на снимке, как это показано на карте и какие дополнительные сведения о местности дает фотоизображение земной поверхности из космоса. И даже в том случае, если карта будет того же масштаба, что и фотоснимок, все равно по снимку можно получить более обширную и главное — свежую информацию о местности по сравнению с картой.

Составление карт по космическим снимкам выполняют так же как и по аэрофотоснимкам. В зависимости от точности и назначения карт применяют различные методы их составления с использованием соответствующих фотограмметрических приборов. Наиболее легко изготовить карту в масштабе снимка. Именно такие карты и помещают обычно рядом со снимками в альбомах и книгах. Для их составления достаточно скопировать на кальку со снимка изображения местных предметов, а затем с кальки перенести их на бумагу.

Такие картографические чертежи называют картосхемами. Они отображают только контуры местности (без рельефа), имеют произвольный масштаб и не привязаны к картографической сетке.

В картографии космические снимки используют прежде всего для создания мелкомасштабных карт. Достоинство космического фотографирования в этих целях заключается в том, что масштабы снимков сходны с масштабами создаваемых карт, а это исключает ряд довольно трудоемких процессов составления. Кроме того, космические снимки как бы прошли путь первичной генерализации. Это происходит в результате того, что фотографирование выполняется в мелком масштабе.

В настоящее время по космическим снимкам созданы

разнообразные тематические карты. В ряде случаев характеристики некоторых явлений можно определить только по космическим снимкам, а получить их другими методами невозможно. По результатам космического фотографирования обновлены и детализированы многие тематические карты, созданы новые типы геологических ландшафтных и других карт. При составлении тематических карт особенно полезными являются снимки, полученные в различных зонах спектра, так как они содержат богатую и разностороннюю информацию.

Космические снимки нашли широкое применение при изготовлении промежуточных картографических документов — фотокарт. Их составляют так же, как и фотопланы, путем мозаичного склеивания отдельных снимков на общей основе. Фотокарты могут быть двух видов: на одних показано только фотографическое изображение, а другие дополнены отдельными элементами обычных карт. Фотокарты, как и отдельные снимки, служат ценными источниками изучения земной поверхности. Вместе с тем они являются дополнительным материалом к обычной карте и в полной мере заменить ее не могут.

Облик Земли постоянно меняется, и любая карта постепенно стареет. Космические снимки содержат самые свежие и достоверные сведения о местности и успешно используются для обновления карт не только мелкого, но и крупного масштаба. Они позволяют исправлять карты больших территорий земного шара. Особенно эффективно космическое фотографирование в труднодоступных районах, где полевые работы связаны с большой затратой сил и средств.

Съемка из космоса применяется не только для картографирования земной поверхности. По космическим фотоснимкам составлены карты Луны и Марса. При создании карты Луны были использованы также и данные, полученные с автоматических самоходных аппаратов «Луноход-1» и «Луноход-2». Как же велась съемка с их помощью? При движении самоходного аппарата прокладывался так называемый съемочный ход. Его назначение — создать каркас, относительно которого на будущую карту будут наносить топографическую ситуацию. Для построения хода измерялись длины пройденных отрезков пути и углы между ними. С каждой точки стояния «Лунохода» выполнялась телевизионная съемка местности. Телевизионные изображения и данные изме-

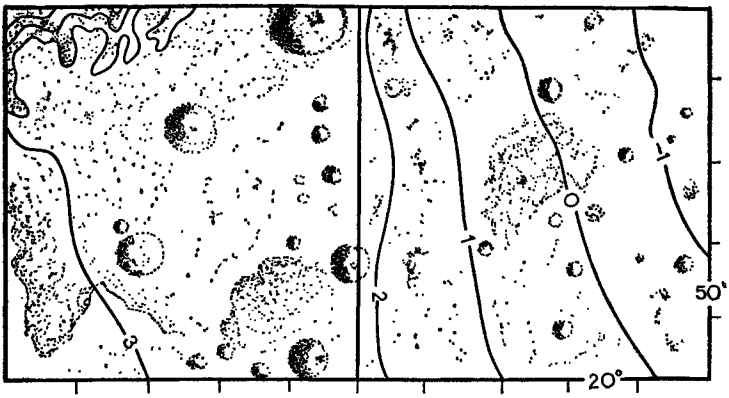


Рис. 55. Фрагмент фотокарты Марса

рений передавались по радиоканалу на Землю. Здесь производилась обработка, в результате которой составлялись планы отдельных участков местности. Эти отдельные планы привязывались к съемочному ходу и объединялись.

Карта Марса, составленная по космическим снимкам, менее подробна по сравнению с картой Луны, но все же она наглядно и достаточно точно отображает поверхность планеты (рис. 55). Карта сделана на тридцати листах в масштабе 1 : 5 000 000 (в 1 см 50 км). Два околополюсных листа составлены в азимутальной проекции, 16 околоэкваториальных листов — в цилиндрической, а остальные 12 листов — в конической проекции. Если все листы склеить друг с другом, то получится почти правильный шар, т. е. глобус Марса.

Основой для карты Марса, как и для карты Луны, послужили сами фотоснимки, на которых поверхность планеты изображена при боковом освещении, направленном под определенным углом. Получилась фотокарта, на которой рельеф изображен комбинированным способом — горизонталями и естественной теневой окраской. На такой фотокарте хорошо читается не только общий характер рельефа, но и его детали, особенно кратеры, которые нельзя отобразить горизонталями, так как высота сечения рельефа составляет 1 км.

Значительно сложнее обстоит дело со съемкой Венеры. Ее нельзя сфотографировать обычным путем, по-

тому что она укрыта от средств оптического наблюдения плотными облаками. Тогда появилась мысль сделать ее портрет не в световых, а в радиолучах. Для этого разработали чувствительный радиолокатор, который мог как бы прощупывать поверхность планеты.

Чтобы разглядеть ландшафт Венеры, надо приблизить радиолокатор к планете. Это и сделали автоматические межпланетные станции «Венера-15» и «Венера-16».

Сущность радиолокационной съемки заключается в следующем. Установленный на станции радиолокатор посылает отраженные от Венеры радиосигналы на Землю в центр обработки радиолокационной информации, где специальное электронно-вычислительное устройство преобразует полученные сигналы в радиоизображение.

С ноября 1983 г. по июль 1984 г. радиолокаторы «Венеры-15» и «Венеры-16» отсняли северное полушарие планеты от полюса до тридцатой параллели. Затем с помощью ЭВМ на картографическую сетку было нанесено фотоизображение поверхности Венеры и, кроме того, построен профиль рельефа по линии полета станции.

КОНТРОЛЬ ИЗ КОСМОСА ЗА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

В настоящее время проблема охраны окружающей среды носит глобальный характер. Вот почему все большее значение приобретают космические методы контроля, позволяющие увеличить объем исследований и ускорить получение и переработку данных. Основное средство осуществления контроля — это система космических съемок, опирающаяся на сеть наземных пунктов. Эта система включает фотографирование с искусственных спутников Земли, пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций. Полученные фотоизображения поступают в наземные приемные центры, где ведется переработка информации.

Что же видно на космических снимках? Прежде всего — почти все формы и виды загрязнений окружающей среды. Промышленность — главный источник загрязнения природы. Деятельность большинства производств сопровождается выбросами отходов в атмосферу. На снимках отчетливо фиксируются шлейфы таких выбросов и простирающиеся на многие километры дымовые

завесы. При большой концентрации загрязнений сквозь них не просматривается даже земная поверхность. Известны случаи, когда вблизи некоторых североамериканских металлургических предприятий погибала растительность на площади несколько квадратных километров. Здесь уже сказывается не только воздействие вредных выбросов, но и загрязнение почвы и грунтовых вод. Эти районы представляются на снимках блеклой сухой безжизненной полупустыней среди лесов и степей.

На фотоснимках хорошо заметны выносимые реками взвешенные частицы. Обильные загрязнения особенно характерны для дельтовых участков рек. К этому приводят эрозия берегов, сели, гидротехнические работы. Интенсивность механического загрязнения можно установить по плотности изображения водной поверхности: чем светлее поверхность, тем больше загрязненность. Мелководные участки также выделяются на снимках светлыми пятнами, но в отличие от загрязнений носят постоянный характер, в то время как последние меняются в зависимости от метеорологических и гидрологических условий. Космическая съемка позволила установить, что механическое загрязнение водоемов возрастает в конце весны, начале лета, реже — осенью.

Химическое загрязнение акваторий может быть изучено с помощью многозональных снимков, которые фиксируют, насколько угнетена водная и окаймляющая побережье растительность. По снимкам можно установить и биологическое загрязнение водоемов. Оно выдает себя чрезмерным развитием особой растительности, различимой на снимках в зеленой области спектра.

Выбросы промышленными и энергетическими предприятиями теплой воды в реки хорошо выделяются на инфракрасных снимках. Границы распространения теплой воды позволяют прогнозировать изменения в природной среде. Так, например, тепловые загрязнения нарушают становление ледяного покрова, что хорошо заметно даже в видимом диапазоне спектра.

Большой ущерб народному хозяйству наносят лесные пожары. Из космоса они заметны прежде всего благодаря дымовому шлейфу, простирающемуся иногда на несколько километров. Космическая съемка позволяет быстро определить масштабы распространения пожара. Кроме того, космические снимки помогают обнаружить поблизости облачность, из которой вызывают обильный

дождь при помощи специальных распыленных в воздухе реактивов.

Большой интерес представляют космические снимки пылевых бурь. Впервые стало возможно наблюдать их зарождение и развитие, следить за перемещением масс пыли. Фронт распространения пылевой бури может достигать тысячи квадратных километров. Чаще всего пылевые бури проносятся над пустынями. Пустыня — это не безжизненная земля, а важный элемент биосферы и поэтому нуждается в постоянном контроле.

А теперь перенесемся на север нашей страны. Часто спрашивают, почему так много говорят о необходимости охраны природы Сибири и Дальнего Востока? Ведь интенсивность воздействия на нее пока во много раз меньше, чем в центральных районах.

Дело в том, что природа Севера значительно ранимее. Кто был там, тот знает, что после проехавшего по тундре вездехода почвенный покров не восстанавливается и развивается эрозия поверхности. Очищение водных бассейнов происходит в десятки раз медленнее, чем обычно, и даже небольшая вновь проложенная дорога может быть причиной труднообратимого изменения природной обстановки.

Северные территории нашей страны простираются на 11 млн. км^2. Это — тайга, лесотундра, тундра. Несмотря на тяжелые жизненные условия и материально-технические трудности на Севере появляется все больше городов, увеличивается население. В связи с интенсивным освоением территории Севера особенно остро ощущается нехватка исходных данных для проектирования населенных пунктов и промышленных объектов. Вот почему космическое изучение этих районов так актуально сегодня.

В настоящее время два родственных метода — картографический и аэрокосмический — тесно взаимодействуют при изучении природы, хозяйства и населения. Предпосылки такого взаимодействия заложены в свойствах карт, аэроснимков и космических снимков как моделей земной поверхности.

ОТ КОСМИЧЕСКИХ ФОТОСНИМКОВ К ТЕМАТИЧЕСКИМ КАРТАМ

Тематическая карта — это и основной исследовательский документ для ученого, и необходимое пособие при разработке проектов освоения природных богатств, и средство познания окружающего нас мира. Большинство карт в школьных атласах именно тематические. Они служат незаменимыми учебными пособиями, по которым можно знакомиться с природными и общественными явлениями на территории нашей Родины и всего мира.

При составлении тематических карт обязательно соблюдается основное правило: изображаемое явление показывают более выразительно, а общегеографические элементы — с меньшей степенью полноты и подробности по сравнению с общегеографической картой. Содержание тематических карт постоянно совершенствуется. В прошлом главная задача их заключалась в отображении какого-либо явления физико-географического или социально-экономического характера. В дальнейшем их начали составлять не только на основе материалов, полученных непосредственно при съемках, но и путем соответствующей обработки и обобщения разнообразной информации. Так появились карты по оценке природных и трудовых ресурсов, карты прогнозирования различных явлений и др. В настоящее время многие тематические карты составляют по материалам космических съемок.

В зависимости от высоты полета спутника и типа установленной на нем аппаратуры космические фотоснимки могут быть получены в разном масштабе, охватывать различные по площади территории и отображать разные по размеру природные объекты. Снимки разных масштабов несут неодинаковую информацию. Для изучения явлений, протекающих на обширных территориях, используют глобальные и континентальные снимки. Они дают такую информацию, которая не может быть получена другими методами. Как выяснилось, на мелкомасштабном фотоизображении можно обнаружить элементы глубинного строения Земли, нашедшие отражение в ландшафте ее поверхности.

Космические фотоснимки позволяют создавать мелкомасштабные тематические карты, минуя этапы составления этих карт в крупных и средних масштабах. Обычный же путь картографирования — от крупномасштабных

к среднемасштабным и мелкомасштабным картам предполагает большой объем дорогостоящих картографических работ. Кроме того, в процессе уменьшения карт и обобщения содержания при переходе от крупного масштаба к мелкому происходит некоторая потеря деталей и вкрадываются отдельные неточности. Это — своего рода плата за картографическую генерализацию. Космические снимки обширных пространств сразу могут быть использованы для создания мелкомасштабных тематических карт. Изображение на них получается уже обобщенным.

Тематическое дешифрирование космических фотоснимков производится теми же методами, что и топографическое, с помощью тех же приборов и инструментов, но с большей степенью использования автоматизированных средств. Особое внимание при этом уделяется косвенным дешифровочным признакам. Эти признаки основаны на имеющихся в природе закономерных взаимосвязях размещения различных объектов.

Чаще всего эти взаимосвязи проявляются в двух основных направлениях: приуроченности одних объектов к другим и изменении свойств одних объектов в результате влияния на них других.

Чтобы дешифрировать какой-либо объект, нужно его обнаружить и распознать. Обнаружение объекта — это непосредственное восприятие его на снимке, а распознавание — определение его количественных и качественных характеристик. Важно, чтобы дешифровщик был знаком с опознаваемыми объектами. В этом случае выявление объекта проводится путем сравнения его изображения с известным в натуре.

Космические фотоснимки позволяют составлять по ним разнообразные тематические карты. Но особенно широкое применение они нашли при составлении геологических карт. Обработка снимков для этих целей обычно ведется в три этапа: предварительное камеральное дешифрирование, полевые работы и окончательная камеральная обработка.

Предварительное камеральное дешифрирование проводят до начала полевых работ. При этом составляют серии карт, на которых отображают предполагаемые геологические структуры. На снимках разных масштабов выделяют контуры объектов, зоны фоновых аномалий. На основе имеющегося картографического материала

строят предположения о геологической природе выявленных объектов и устанавливают вероятность их опознавания на снимках.

Во время полевых работ уточняют данные, полученные со снимков, выполняют полевое дешифрирование и ведут необходимые геологические работы и наблюдения.

Завершающий этап — окончательная камеральная обработка данных, полученных со снимков, и результатов наземных наблюдений. Затем по этим данным составляют окончательный вариант карты.

Наиболее полную информацию о геологическом строении Земли получают при дешифрировании цветных многозональных фотоснимков. По ним, например, уточнена и дополнена геологическая карта СССР масштаба 1 : 2 500 000, а также составлены или уточнены многие другие карты. Особый интерес заслуживает сводная геологическая карта структур территории Советского Союза. Она составлена в масштабе 1 : 5 000 000 по космическим снимкам, полученным в трех зонах спектра и называется космогеологической. Эта карта в нашей стране была изготовлена впервые и мы на ней остановимся более подробно.

При ее составлении работа велась в два этапа. На первом этапе при дешифрировании снимков выделялись районы, общие по характеру рельефа. Учитывая, что выделенные районы не всегда совпадают с принятыми в геологии, их назвали космогеоструктурными. Следующим этапом стало изучение космогеоструктурных районов. И вот здесь удалось дешифрировать большое количество линейных объектов, представляющих собой особого вида разломы. От граничных разломов они отличаются более строгим направлением и примерно одинаковой плотностью по всей территории. По направлению четко выделяются меридиональные, широтные и диагональные разломы.

Меридиональные секущие разломы прослеживаются с интервалом 5—7° по долготе, сходясь в северном направлении и расходясь к экватору. Это следы плоскостей, секущих земной шар параллельно оси его вращения. На территории СССР насчитывается около двадцати таких разломов.

Широтные секущие разломы представляют собой следы плоскостей, перпендикулярных к оси вращения Земли. Они расположены неравномерно. Наиболее четко эти

разломы проявляются на востоке, где отстоят друг от друга на 3—4° по широте (на 300—500 км).

Диагональные секущие линейные структуры развиты на территории СССР более равномерно. Они отстоят друг от друга на 300 — 500 км, но простирание их не остается постоянным на всем протяжении.

Кроме космогеоструктурных площадей и линейных объектов на космических снимках были обнаружены и перенесены на карту кольцевые объекты диаметром от десятков до сотен километров. Анализ геологических материалов позволил расшифровать геологическую природу части этих структур. Причина образования другой части оказалась пока неясной. Две кольцевые структуры вероятно связаны со следами падения крупных метеоритов в отдаленные геологические эпохи.

Информация, показанная на космогеологической карте принципиально новая и ранее не отображалась ни на каких других картах. Выбранный для нее масштаб позволяет исследовать не только проблемы формирования земной коры, но и закономерности размещения полезных ископаемых. Этому способствует картографирование принципиально новых геологических форм, что стало возможным лишь при использовании материалов космических съемок.

В последнее время космическая съемка находит широкое применение при изучении шельфа — прибрежной части морского дна, наиболее перспективной для освоения. Нужно отметить, что уже сегодня на шельфовую зону приходится 20 — 25 % всей мировой добычи газа и нефти.

Комплексное изучение шельфовой зоны северо-восточного Каспия по фотоснимкам, полученным с космического корабля «Союз — 22», позволило выявить характеристики рельефа дна, вид грунта, подводную растительность и многое другое. В результате таких исследований составлена геологическая карта шельфа, на которой с достаточной подробностью нанесены все данные необходимые для изыскательских работ.

Впервые по космическим фотоснимкам составлена геоморфологическая карта Южного Предбайкалья в крупном масштабе (1 : 400 000). Она служит основой для анализа приуроченности полезных ископаемых к рельефу и для других исследований. В отличие от обычных способов составления геоморфологических карт, карто-

графирование выполнено не по отдельным формам рельефа, а по их площадной совокупности.

По космическим фотоснимкам созданы многие другие тематические карты: ландшафтов, лесов, почв, грунтов, грунтовых вод и т. п. Практика изготовления их показывает высокую эффективность космических методов картографирования. Подсчитано, например, что при создании почвенных и кормоботанических карт в интересах сельского хозяйства сроки составления их по сравнению с обычными способами сокращаются в 3 — 4 раза, а общие затраты — в 2 — 3 раза.

Материалы космической съемки используются также для создания тематических карт краткосрочного пользования, например карт ледовой обстановки. Их составляют упрощенным способом. Отобрав необходимые снимки на заданную территорию, изготавливают из них фотомонтаж и на него наносят сетку параллелей и меридианов. Такие карты создавались, например, на район дрейфа дизель-электрохода «Михаил Сомов», зажатого в антарктических льдах. Это было в июне — июле 1985 г. Положение корабля оказалось очень тяжелым. На помощь ему подошел ледокол «Владивосток». Последняя карта ледовой обстановки, переданная на борт ледокола, помогла кораблям выйти из ледового плена на чистую воду.

Многие из вас проводят свои каникулы в увлекательных походах, дальних путешествиях, знакомясь с историческими и культурными памятниками нашей страны, с природой родного края. И здесь вам без карты не обойтись. По ней намечают маршрут и определяют его протяженность, выбирают места остановок, намечают объекты, с которыми следует ознакомиться более подробно.

Для туристов создается много разных карт. Такие карты часто называют схемами, потому что на них местность изображается с большими обобщениями. А это создает значительные затруднения в ориентировании на местности. Как же исключить такой недочет? Выход нашли: на туристских схемах решили печатать фотоизображение местности, полученное путем фотографирования со спутника. Получилась наглядная картина действительной местности, на которой условными знаками выделены лишь основные объекты.

ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ФОТОСНИМКОВ В ШКОЛЬНОЙ ГЕОГРАФИИ

Основным наглядным пособием при обучении географии, как известно, является географическая карта. Это — замечательное и пока что ничем не заменимое пособие. И все же, несмотря на все ее достоинства, картографическое изображение изучаемых объектов является условным и недостаточно точно отражает объективную реальность. Если сопоставлять картографическое изображение объектов и явлений с их изображением на космических фотоснимках, то намного возрастают возможности формирования объективных географических образов. Даже черно-белые фотоизображения позволяют представить реальный облик земной поверхности. Тем более велика роль цветных космических снимков в создании объективного зрительного образа. Формирование таких образов и является главной целью в использовании учебных наглядных пособий по физической географии.

Основной методический прием использования космических фотоснимков в учебном процессе заключается в сопоставлении их с географической картой. При этом сравнивают и обобщают физико-географические характеристики, закрепляют показанное демонстрацией наземных фотоснимков или картин природы изучаемой территории.

Весьма полезным является самостоятельная практическая работа по сличению космических фотоизображений земной поверхности с ее изображениями на различных картах школьных атласов. Здесь очень важно научиться схематически переносить на карту сфотографированный участок или какой-либо отдельный физико-географический объект. Для такой работы фотоснимки должны быть размножены в необходимом количестве экземпляров с тем, чтобы каждый мог самостоятельно выполнить это интересное и полезное упражнение.

Нередко приходится изучать различные природные процессы. В таких случаях для работы со снимками следует подбирать соответствующие карты. Если, например, рассматривается процесс образования и развития циклона, то его фотоизображение полезно сопоставлять с климатической картой, а при изучении геологических структур космические снимки соответствующих территорий лучше сличать с физической картой.

Первое знакомство с космическими фотографиями начинается со снимка земного шара. С высоты 200 тыс. км Земля похожа на гигантский глобус с затуманенными из-за наличия атмосферы краями с диаметром, в несколько раз превосходящим диаметр Луны. Земля из космоса представляется в виде идеального шара. Небольшое сжатие, а тем более горные возвышенности незаметны, так как они слишком малы по сравнению с земным радиусом. Фотография нашей планеты из космоса — яркое и убедительное доказательство того, что Земля является шарообразным небесным телом.

Особенно впечатляющим является рассматривание стереоскопической пары фотографий нашей планеты. Здесь мы уже наблюдаем не плоское, а объемное изображение Земли и нашему взору представляется голубой шар, летящий в необозримом пространстве.

Космические фотоснимки служат замечательными наглядными пособиями при изучении закономерностей атмосферной циркуляции и климатообразующих факторов. Неравномерность нагревания земной поверхности обусловливает существование воздушных масс с неодинаковыми свойствами. Зоны их взаимодействия называют атмосферными фронтами. Холодный фронт постепенно поворачиваясь против часовой стрелки, сближается с теплым и в результате образуется циклон. Этот процесс образования циклона хорошо прослеживается на спутниковых снимках. Сфотографированная облачность фронтальных разделов дает четкую картину возникновения и развития циклонов.

Фотографические изображения, полученные из космоса, можно с успехом использовать при изучении любой темы физической географии. Так, с природными зонами СССР полезно познакомиться по снимкам, на которых изображены леса, пустыни и пр. Эти пособия способствуют формированию зрительного образа каждой природной зоны. Понятие о гидросфере лучше усваивается с помощью глобальных фотоснимков и фотокарты земного шара и т. д.

При изучении природы земной поверхности иногда возникает необходимость одновременно обозревать настолько большие участки, что даже со спутника нельзя их получить на одном снимке. В таких случаях прибегают к монтажу нескольких спутниковых снимков в единое фотографическое изображение. Монтаж производится по

общим контурам, изобразившимся на смежных снимках. Перекрывающиеся части срезают, снимки наклеивают на картон и в результате получают фотосхему. При необходимости на нее можно нанести градусную сетку. Линии сетки переносят с карты по идентичным географическим объектам теми же приемами, которыми наносят границы фотоснимка на карту, но только в обратном порядке. Градусная сетка ориентирует фотоизображение и позволяет определять приближенные координаты объектов, изображенных на снимках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алешин В. М., Серебреников А. В.* Туристская топография.— М.: Профиздат, 1985.
2. *Андреев Н. В.* Топография и картография. — М.: Просвещение, 1985.
3. *Берлянт А. М.* Карта — второй язык географии. — М.: Просвещение, 1985.
4. *Ганьшин В. Н.* Простейшие измерения на местности. — М.: Недра, 1983.
5. *Кусов В. С.* Карту создают первопроходцы.—М.: Недра, 1983.
6. *Федосеев Г. А.* Тропою испытаний. — М.: Молодая гвардия, 1969.
7. *Шейкин А. Л.* Повесть о карте. — Л.: Детская литература, 1976.
8. *Эдельштейн А. В.* Как создается карта. — М.: Недра, 1978.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

КОЕ-ЧТО ИЗ ИСТОРИИ

У истоков картографического изображения 5
Карты в древнем мире 7
Эпоха великих географических открытий 11
Чертежи русских земель 14
Новая эпоха в русской картографии 15

ОТ ГЛОБУСА К КАРТЕ

Модель Земли 19
Со сферы на плоскость 21
Какие бывают проекции 24
Как искажаются материки на карте 32
О масштабах 38
Мы сами составляем карты 45

ЧТО И КАК ИЗОБРАЖАЮТ НА КАРТАХ

Какие бывают карты 52
Картографические символы и обозначения 56
Третье измерение 58
События и явления на картах 62
Карта — художественное произведение 66

РАБОТА С ГЛОБУСОМ И КАРТОЙ

Как пользоваться глобусом 71
Градусная сетка на карте 74
Путешествия по картам 78
Измерение расстояний и площадей 81
Кратчайший путь на глобусе и карте 87
Решение задач по топографической карте 91

РОЖДЕНИЕ КАРТЫ

Путь создания карты 100
Простейшие съемки 100
Съемка с высоты птичьего полета 106
Съемочное обоснование 109
От аэрофотоснимка к карте 114
Карта требует обновления 118
О тех, кто создает и обновляет карту 120

СЪЕМКА ИЗ КОСМОСА

Что можно узнать по космическим фотоснимкам 125
Космическая картография 128
Контроль из космоса за окружающей средой 132
От космических фотоснимков к тематическим картам . . 135
Применение космических фотоснимков в школьной географии 140
Список литературы 142

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЕ ИЗДАНИЕ

Алексей Михайлович Куприн

СЛОВО О КАРТЕ

Редактор издательства *Т. Б. Шибанова*
Обложка художника *В. П. Христинина*
Художественный редактор *Г. Н. Юрчевская*
Технический редактор *Л. А. Мурашова*
Корректор *И. П. Розанова*

ИБ № 6932

Сдано в набор 28.01.87. Подписано в печать 20.07.87. Т-16703. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Гарнитура Литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 7,56. Усл. кр.-отт. 7,88. Уч.-изд. л. 7,60. Тираж 128 000 экз. Заказ 783/1121-8. Цена 20 коп.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра»
125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7